

**WILLIAM JOHN PEREIRA BROBOUSKI**

**TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA A UM CONTRATO DE  
PARCERIA FLORESTAL COM PREÇO MÍNIMO**

**Dissertação apresentada como requisito  
parcial à obtenção do Título de Mestre  
em Ciência, Curso de Pós-Graduação  
em Métodos Numérico em Engenharia  
do Setor de Ciências Exatas e  
Tecnológica da Universidade Federal do  
Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Celso Carnieri**

**Co-orientadores:**

**Prof. Dr. Alceu Souza**

**Prof. Dr. Julio Eduardo Arce**

**CURITIBA**

**JULHO 2004**

## TERMO DE APROVAÇÃO

**WILLIAM JOHN PEREIRA BROBOUSKI**

**TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA A UM CONTRATO DE PARCERIA FLORESTAL COM  
PREÇO MÍNIMO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, M.Sc. - Área de concentração: Programação Matemática - Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Federal do Paraná, pela banca examinadora formada pelos professores:

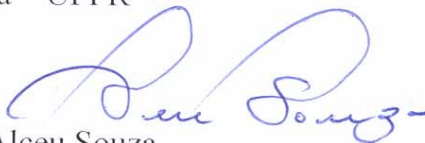
Orientador:



Prof. Dr. Celso Carnieri

Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em  
Engenharia – UFPR

Co-orientador:



Prof. Dr. Alceu Souza

Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em  
Engenharia – UFPR



Dr. Carlos Leomar Kreuz

Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão  
Rural de Santa Catarina – Epagri

Curitiba, 16 de julho de 2004.

**A Deus.  
Aos meus pais,  
ALMIR e SANDRA.  
Ao meu irmão, ERIC.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. Celso Carnieri pela orientação, pelo incentivo e pela incansável ajuda.

Ao professor Dr. Alceu Souza pelos ensinamentos e sugestões.

Ao professor Dr. Julio Eduardo Arce pelos conhecimentos florestais e por suas colaborações.

Aos professores Dr. Anselmo Chaves Neto, Dr. Jair Mendes Marques, Dra. Maria Terezinha Arns Steiner, Dra. Neida Maria Patias Volpi, Dr. Rubens Robles Ortega Junior pelos ensinamentos durante o curso.

Aos professores da PUC-PR, principalmente a professora Mestra Marelin Kolb Mazzarotto e a professora Dra. Tamia Marta Yamamoto, pelos incentivos à continuação dos meus estudos e pela indicação deste Curso.

Aos colegas do curso, pela amizade e colaboração, particularmente ao meu amigo Mestre Mozart Gonçalves.

Aos amigos do CESEC, especialmente a Maristela, a Cristiane e a Eva, pela atenção e cordialidade.

Aos amigos da paróquia São João Batista (Vila Sandra) pelos momentos de reflexão e distração.

Aos amigos da banda STIGMA pelas horas de lazer proporcionado aos domingos.

A CAPES pelo apoio financeiro.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

**“Se você está planejando por um ano,  
cultive arroz.  
Se você está planejando por 20 anos,  
cultive árvores.  
Se você está planejando séculos,  
cultive homens.”**

**(Provérbio Chinês)**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FÍGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....	2
1.2 OBJETIVO .....	2
1.3 ESTRUTURA.....	2
<b>2 SETOR FLORESTAL .....</b>	<b>4</b>
2.1 SITUAÇÃO ATUAL .....	4
2.1.1 Apagão florestal .....	7
2.2 VANTAGENS DOS PLANTIOS FLORESTAIS FRENTE A OUTRAS CULTURAS AGRÍCOLAS .....	9
2.3 PINUS TAEDA .....	15
2.4 TIPOS DE CONTRATOS .....	15
<b>3 SUPORTE TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
3.1 MÉTODO MULTI-ÍNDICE .....	18
3.1.1 Indicadores de Retorno .....	18
3.1.1.1 Valor presente líquido (VPL) .....	18
3.1.1.2 Valor presente líquido anualizado (VPLa) .....	19
3.1.1.3 Índice benefício/custo (IBC).....	20
3.1.1.4 Retorno adicional decorrente do investimento .....	20
3.1.2 Indicadores de Risco .....	21
3.1.2.1 Taxa interna de retorno (TIR).....	21
3.1.2.2 Período de recuperação do investimento (Pay-back).....	21

3.1.3 Limitação da abordagem Multi-índice .....	22
3.2 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS .....	22
3.2.1 Histórico .....	22
3.2.2 Definições .....	25
3.2.2.1 Opção de compra ( <i>call</i> ) ou opção de venda ( <i>put</i> ) .....	25
3.2.2.2 Opção americana e opção européia .....	29
3.2.3 Modelos .....	30
3.2.3.1 Modelo de Black e Scholes .....	30
3.2.3.2 Modelo de Cox, Ross e Rubinstein .....	33
3.2.4 Tipos de opções .....	40
3.2.4.1 Diferimento .....	40
3.2.4.2 Abandono .....	42
3.2.4.3 Outros tipos .....	43
<b>4 CONSTRUÇÃO DO MODELO .....</b>	<b>44</b>
4.1 DADOS DE ENTRADA .....	50
4.1.1 Preço .....	50
4.1.2 Custos .....	52
4.1.2.1 Investimento inicial .....	52
4.1.2.2 Custos operacionais .....	53
4.1.3 Aluguel .....	54
4.1.4 Taxa de desconto .....	54
4.1.5 Volume .....	55
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
5.1 ANÁLISE DOS DEMAIS CONTRATOS USANDO MÉTODO MULTI-ÍNDICE .....	58
5.2 ANÁLISE DO CONTRATO COM PREÇO MÍNIMO USANDO A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS .....	60
5.2.1 Situação A .....	61
5.2.2 Situação B .....	61

5.2.3 Situação C .....	61
5.2.4 Situação D .....	62
5.3 RESUMO DOS RESULTADOS .....	63
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	66
6.2 TRABALHOS FUTUROS .....	66
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>71</b>
DADOS DE ENTRADA DO SISPINUS .....	71
TABELAS FORNECIDA PELO SISPINUS .....	71
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>74</b>
ANÁLISE DO CONTRATO PROPOSTO PELA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS.....	74
Dados de entrada da Situação A.....	74
Árvore de Evolução do Preço do Laminado.....	75
Árvore de Evolução do Preço da Serraria .....	76
Árvore de Evolução do Preço da Celulose .....	77
Árvore de Evolução do Preço dos Outros Usos .....	78
Árvore do Valor da Floresta destinando a Madeira para o Laminado.....	79
Árvore do Valor da Floresta destinando a Madeira para a Serraria .....	80
Árvore do Valor da Floresta destinando a Madeira para a Celulose.....	81
Árvore do Valor da Floresta destinando a Madeira para os Outros Usos .....	82
Árvore de Decisão .....	83
Árvore do Cálculo do Aluguel .....	84
<b>ANEXO.....</b>	<b>85</b>
FLUXO DE CAIXA DOS CONTRATOS (R\$).....	85



## LISTA DE FÍGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE FLORESTAS DE PINUS DO BRASIL – POR ESTADO .....	4
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE FLORESTA DE EUCALYPTUS DO BRASIL – POR ESTADO .....	5
FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA DE PINUS - 1995/2003 .....	9
FIGURA 4 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS CULTURAS PELO CRITÉRIO DO IBC.....	10
FIGURA 5 - SEGMENTAÇÃO DA MADEIRA EM FUNÇÃO DE SEU USO.....	14
FIGURA 6 - CADEIA PRODUTIVA DA MADEIRA.....	14
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DO CONTRATO .....	17
FIGURA 8 - CURVA DO LUCRO DA OPÇÃO DE COMPRA PARA O COMPRADOR.....	26
FIGURA 9 - CURVA DO LUCRO DA OPÇÃO DE COMPRA PARA O VENDEDOR .....	27
FIGURA 10 - CURVA DO LUCRO DA OPÇÃO DE VENDA PARA O COMPRADOR.....	28
FIGURA 11 - MOVIMENTO ASCENDENTE E DESCENDENTE DA AÇÃO .....	34
FIGURA 12 - OPÇÃO DE COMPRA EUROPÉIA.....	37
FIGURA 13 - OPÇÃO DE VENDA EUROPÉIA .....	37
FIGURA 14 - OPÇÃO DE COMPRA AMERICANA .....	38
FIGURA 15 - OPÇÃO DE VENDA AMERICANA .....	38
FIGURA 16 - ÁRVORE DE EVOLUÇÃO DO PREÇO DO LAMINADO .....	45
FIGURA 17 - ÁRVORE DO VALOR DA FLORESTA DESTINANDO A MADEIRA PARA O LAMINADO.....	46
FIGURA 18 - ÁRVORE DE DECISÃO.....	49
FIGURA 19 - ÁRVORE DO CÁLCULO DO ALUGUEL .....	49
FIGURA 20 -ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO VALOR DO PROJETO EM RELAÇÃO A VOLATILIDADE.....	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMÉRCIO INTERNACIONAL - PRINCIPAIS PRODUTOS E PARTICIPAÇÃO DO BRASIL – 2002 .....	5
TABELA 2 - INDICADORES DO SETOR DE BASE FLORESTAL - 2003.....	7
TABELA 3 - ANÁLISE ECONÔMICA DAS CULTURAS COM BASE NO CRITÉRIO DO VPL.....	11
TABELA 4 - ANALOGIA ENTRE OPÇÕES FINANCEIRAS E OPÇÕES REAIS.....	29
TABELA 5 - EFEITOS DOS INPUTS DO MODELO DE BLACK-SCHOLES SOBRE O VALOR DE UMA "CALL" E DE UMA "PUT" .....	32
TABELA 6 - RESUMO COM OS RESULTADOS .....	39
TABELA 7 - PRODUTOS, SUAS ESPECIFICAÇÕES E PREÇO DE ACORDO COM CADA USO DA MADEIRA .....	51
TABELA 8 - SÉRIE HISTÓRICA DO PREÇO MÉDIO DA MADEIRA PARA CELULOSE E PARA SERRARIA - 1997-2001 .....	52
TABELA 9 - CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DA FLORESTA DE PINUS – 2003 .....	53
TABELA 10 - CUSTO DE MANUTENÇÃO DA FLORESTA DE PINUS - 2003.....	54
TABELA 11 - RENDIMENTOS DA POUPANÇA NO PRIMEIRO DIA ÚTIL DO MÊS - 2003-2004 .....	55
TABELA 12 - INDICADORES DE VIABILIDADE DOS ARRANJOS CONTRATUAIS .....	58
TABELA 13 - RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	61
TABELA 14 - RESULTADOS PELO MÉTODO MULTI-ÍNDICE.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS

IBC	- Índice Benefício/Custo
PIB	- Produto Interno Bruto
TMA	- Taxa Mínima de Atratividade
TIR	- Taxa Interna de Retorno
VPL	- Valor Presente Líquido
VPLa	- Valor Presente Líquido anualizado

## LISTA DE SIGLAS

ABIMCI	- Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento
BRDE	- Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul
IGP-M/FGV	- Índice Geral de Preços do Mercado – Fundação Getúlio Vargas
Instituto CEPA	- Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina
PNF	- Programa Nacional de Florestas
SBS	- Sociedade Brasileira de Silvicultura
STCP	- Siqueira, Tomarelli, Consultoria e Projetos

## LISTA DE SÍMBOLOS

$j$	- Índice designando o ano
$FI$	- Fluxo de investimentos
$FR_j$	- Fluxo de recebimentos do ano $j$
$FP_j$	- Fluxo de pagamentos do ano $j$
$T$	- Período de expiração do projeto
$X$	- Preço de exercício
$p$	- Prêmio pago pela opção
$S$	- Preço da ação
$Cc$	- Compra de uma opção de compra
$Cv$	- Venda de uma opção de compra
$Vc$	- Compra de uma opção de venda
$Vv$	- Venda de uma opção de venda
$C$	- Opção de compra
$V$	- Opção de venda
$r$	- Taxa juros livres de risco (TMA)
$\sigma$	- Desvio padrão do preço da ação
$PR$	- Preço relativo
$\Delta T$	- Intervalo de tempo
$u$	- Movimento ascendente
$d$	- Movimento descendente
$f$	- Valor da opção
$\Delta$	- Quantidade de ações
$\mu$	- Taxa de retorno esperado ao ano de um investimento na ação
$p$	- Probabilidade
$k$	- Produto obtido da madeira
$t$	- Nó avaliado

$PMer_{kt}$	- Preço de mercado do produto $k$ no nó $t$
$PMin_k$	- Preço mínimo estipulado no contrato para o produto $k$
$Vol_k$	- Volume do produto $k$
$vf_{kt}$	- Valor da floresta para o produto $k$ no nó $t$
$vac_t$	- Valor do aluguel corrigido, obtido da árvore de aluguel no nó $t$
$Vold_k$	- Volume desbastado do produto $k$
$alu$	- Valor do aluguel
$des$	- Representa os anos que possuem desbaste

## **RESUMO**

Este trabalho analisa a atratividade financeira de projetos florestais em parceria. Abrange o setor florestal brasileiro que contribui significativamente com o produto interno bruto e com o superávit comercial, e sobre o déficit de pinus no Brasil. O presente trabalho propõe um novo tipo de contrato entre o produtor rural e empresas de reflorestamentos com o objetivo de estimular a produção florestal e, com isso, possa minimizar o déficit de pinus no Sul do Brasil. A essência deste contrato de parceria entre o pequeno produtor rural e as madeireiras da região está em estabelecer um preço mínimo para a compra da madeira, que é avaliado pela Teoria das Opções Reais tornando possível avaliar a flexibilidade gerencial (a opção de abandono), com a incerteza do preço futuro. O resultado é confrontado com outros tipos de contratos que foram avaliados pelo Método Multi-Índice. Constata-se em ambas as análises, que o investimento florestal é uma alternativa viável ao produtor rural e que o contrato proposto minimiza os riscos e aumenta a rentabilidade do projeto.

Palavras-chave: Teoria das Opções Reais; Análise de Investimento Florestal; Contrato de Parceria; Pinus.

## **ABSTRACT**

This work analyzes the financial attractiveness of forestry projects in partnership. It covers the Brazilian forest sector that contributes significantly with the Brazilian gross domestic product and the trade surplus, and with pine log deficit in Brazil. The present work proposes a new contract between the rural producer and the reforestation company of the region with a minimum price, which might minimize the pine log deficit in southern Brazil. The essence of this contract of partnership between the rural producer and the reforestation company is in establishing a minimum price for the purchase of the wood, this contract is evaluated by the Real Options Theory, which makes possible to evaluate managerial flexibility (the abandon option), with uncertainty upon of the future price. The result is collated with other type of contracts that had been evaluated by the Index Multiple Method. It has been perceived in both analysis that forestry investment is a practicable alternative to rural producer and the contract proposes minimizes the risks and increases the profitability of the project.

Key-words: Real Option Theory; Forestry Investment Analysis; Partnership Contract; Pine log.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal é de grande importância para o Brasil, porém pouco conhecido pela sociedade. Até o ano 2000, nem o governo federal tinha consciência da sua real importância que contribui de forma significativa com o PIB brasileiro (participando com um faturamento na ordem de US\$ 20 bilhões), e seus produtos são considerados uns dos mais importantes comercializados no mundo, com uma participação de 130 bilhões de dólares.

É responsável por um milhão de empregos diretos e 3,5 milhões indiretos, e reúne cerca de 30 mil empresas. Estima-se que 22 empregos são gerados a cada 100 hectares de floresta, da coleta da semente até a indústria (SILVESTRINI, 2003, p. 49).

O setor apresenta-se como uma alternativa para os produtores e trabalhadores rurais, absorvendo grande parte dos trabalhadores dispensados por outras atividades econômicas. Além disso, serve para que se tenha um aproveitamento melhor das terras, principalmente em áreas que agricultura está sendo desestimulada e que conservam toda uma aptidão florestal.

Mesmo sendo um setor de grande importância para o desenvolvimento sócio-econômico do país, estima-se para 2020 um déficit de um pouco mais de 27 milhões de m<sup>3</sup> de tora de pinus no Brasil, fenômeno este chamado de “apagão florestal”. Para suprir a falta de madeira, as empresas devem criar contratos de parceria que incentivem os produtores ao cultivo dessa cultura. O presente trabalho apresenta uma nova forma de contrato de parceria que possibilita ao produtor vender a madeira a partir do oitavo ano por um preço mínimo estipulado. Com isso o produtor terá flexibilidade gerencial durante a vida do projeto (considerada de 20 anos para o cultivo de pinus), aumentará sua expectativa de retorno e terá menos riscos (assumindo os riscos de ordem técnica como incêndio e pragas enquanto a empresa assume os riscos de ordem econômica como futuras oscilações nos preço da madeira).

## 1.1 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

A falta de madeira está se tornando uma realidade no Brasil e vem sendo informada há alguns anos. Uma das maneiras de reverter esta situação é incentivando os produtores rurais, sendo ele possuidor de propriedades de pequeno, médio ou grande porte, ao plantio de árvores. Neste caso, destaca-se em particular o pinus, que tem crescimento rápido e grande adaptação ao solo e ao clima da região Sul.

Outro ponto importante é a ferramenta utilizada para quantificar a flexibilidade fornecida pelo contrato de parceria, a Teoria das Opções Reais, que calcula o valor de futuras decisões em ambiente de incertezas, como oscilações futuras nos preços. A opção contemplada é a opção de abandono, que permite ao produtor a venda da floresta por um preço mínimo. Sendo esta apenas uma das opções que a Teoria Opções Reais apresenta.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é avaliar um novo contrato, denominado "Parceria com empresas de reflorestamento da região com preço mínimo". Neste contrato o produtor terá flexibilidade gerencial durante a vida do projeto, que será avaliado pela análise de investimento conhecida por Teoria das Opções Reais.

Os objetivos específicos podem ser enumerados como segue:

- a) avaliar os diversos contratos pela análise multi-índice;
- b) calcular o valor da flexibilidade gerencial (valor de abandono) permitida pelo contrato; e
- c) calcular o efeito da alteração da taxa de crescimento do preço.

## 1.3 ESTRUTURA

A presente dissertação está estruturada da seguinte forma:



O capítulo 1 está composto por uma breve introdução, pela importância do trabalho, pelos objetivos e pela estrutura do mesmo.

O capítulo 2 apresenta a situação do setor florestal, desde suas contribuições, até as necessidades devido à falta de madeira, bem como as vantagens dos cultivos florestais frente a outras culturas e os tipos de contratos existentes.

No capítulo 3 são apresentadas as abordagens para análise de investimento: análise multi-índice e a teoria das opções reais com o modelo de Black e Scholes e o de Cox, Ross e Rubinstein.

O capítulo 4 mostra a construção do modelo, as fórmulas para decisão e os dados de entrada.

O capítulo 5 apresenta a avaliação econômica dos contratos existentes e do contrato proposto.

Finalmente, o capítulo 6 expõe conclusões e recomendações para possíveis trabalhos futuros.

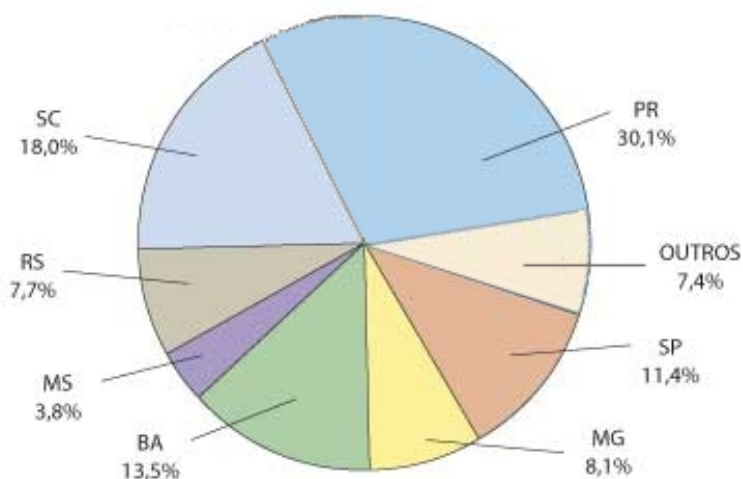
## 2 SETOR FLORESTAL

### 2.1 SITUAÇÃO ATUAL

O Brasil possui a segunda maior cobertura florestal do mundo, apresentando condições edafoclimáticas favoráveis, além de inovações tecnológicas. As espécies de pinus e eucaliptos apresentam crescimento rápido, excelente produtividade e custos de implantação e manutenção em declínio. Sendo esses os principais fatores que o posicionam entre os 10 maiores produtores do mundo, contando com 6,4 milhões de hectares (BNDES Setorial, 2002).

São cerca de 80% (4,8 milhões de hectares) de área plantada, da espécie de *Pinus* (36%) e *Eucalyptus* (64%). A Figura 1 mostra a região Sul onde está concentrada a maior produção de pinus do país com 55,8%. Isto deve-se principalmente ao clima, que é mais favorável a este cultivo. Ao contrário do pinus apenas 8,7% do eucalipto se concentra na região Sul (Figura 2).

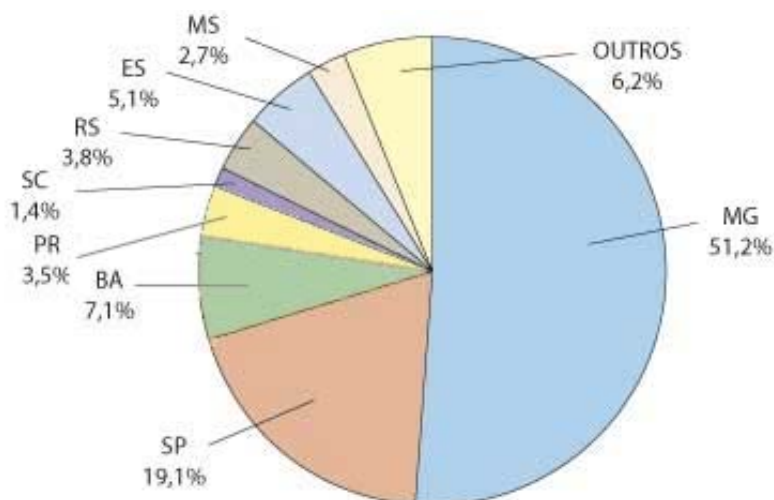
FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE FLORESTAS DE PINUS DO BRASIL - POR ESTADO



FONTE: STCP Engenharia de Projetos

NOTA: Figura extraída da ABIMCI (Estudo Setorial 2003)

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE FLORESTA DE EUCALYPTUS DO BRASIL - POR ESTADO



FONTE: STCP ENGENHARIA DE PROJETOS

NOTA: Figura extraída da ABIMCI (Estudo Setorial 2003)

Os produtos florestais estão entre os dez produtos mais importantes comercializados no mundo, com uma participação de 130 bilhões de dólares, equivalendo a 2,2% do comércio internacional. Dentre os principais produtos, os produtos florestais são os que têm maior representação na exportação brasileira, com 4,3 bilhões (3,3% do total das exportações). A Tabela 1 apresenta a participação do Brasil nos principais produtos comercializados no mundo.

TABELA 1 - COMÉRCIO INTERNACIONAL - PRINCIPAIS PRODUTOS E PARTICIPAÇÃO DO BRASIL - 2002

PRINCIPAIS PRODUTOS	MUNDO		BRASIL	
	US\$ bilhões	%	US\$ bilhões	%
Petróleo Cru	387,2	6,2	0,3	0,1
Veículos de Passeio	309,4	4,9	1,4	0,5
Componentes Eletro-eletrônicos	294,2	4,7	0,2	0,1
Equip. e Acessórios de Telecomunicações	213,6	3,4	1,8	0,8
Equip. de Processamentos de Dados	195,1	3,4	0,3	0,2
Produtos Florestais	130,0	2,2	4,3	3,3

FONTE: Informativo STCP (2003-2004, p. 11)

NOCE et al (2003, p. 695) ressaltam que as exportações de produtos

florestais estão crescendo significativamente, e que o Brasil já se mostra expressivo no comércio internacional de compensados tropicais, chapas de fibra, celulose de eucalipto e de papéis para imprimir e escrever. Salientam também que nos países em desenvolvimento, os recursos florestais vêm se tornando significativos para a economia, uma vez que eles são uma alternativa viável para superar as dificuldades socioeconômicas através de sua diversidade, abundância e da gama de produtos que podem ser obtidos, direta e indiretamente, da floresta.

VALVERDE et al (2003) destacam que o setor florestal brasileiro tem se mostrado de extrema importância para o desenvolvimento socioeconômico do País, na geração de empregos diretos e indiretos, na arrecadação de impostos, no pagamento de salário e na formação do Produto Interno Bruto.

NEVES et al (2001, p. 1) confirmam que o setor florestal pode auxiliar no desenvolvimento da economia, aproveitando melhor as terras, utilizando parte da mão-de-obra que se encontra desempregada e reduzindo o desmatamento da mata nativa.

Com os programas de reflorestamentos, de 1967 a 1987, a atividade florestal se estruturou e se consolidou, se tornando de grande importância para a economia do país. Uma das consequências foi o grande avanço tecnológico. Isto permitiu elevar a produtividade nas plantações de pinus e eucalipto que era de 20 m<sup>3</sup> por hectare por ano para 40m<sup>3</sup> (BRDE, 2003, p. 6-7).

A expressividade do setor florestal pode ser verificada na Tabela 2, contribuindo com US\$ 4,6 bilhões em impostos e participando com 4,5% do PIB brasileiro que está estimado em US\$ 20 bilhões. Gera um saldo positivo na balança comercial brasileira de US\$ 3,6 bilhões, representando 27% do superávit nacional.

O setor reúne cerca de 30 mil empresas, sendo responsável por um milhão de empregos diretos e 3,5 milhões indiretos. Mas o setor precisa de novos mercados para manter os índices de contratações e ampliar o faturamento (LIMA, 2003).

"O setor supera os limites de contribuição para o crescimento da economia brasileira, proporcionando benefícios sociais, principalmente via geração de empregos,

assim como ambientais, por intermédio da exploração sustentável dos recursos renováveis florestais" (ABIMCI: Estudo Setorial 2003).

TABELA 2 - INDICADORES DO SETOR DE BASE FLORESTAL - 2003

INDICADOR	SETOR DE BASE FLORESTAL
PIB	US\$ 20 bilhões (4,5 % do PIB total brasileiro)
Tributos	US\$ 4,6 bilhões (2% do total arrecadado pelo país)
Empregos	6,5 milhões (9% da PEA brasileira)
Exportação	US\$ 4,4 bilhões (7% da exportação total brasileira)
Superávit comercial	US\$ 3,6 bilhões (27% do superávit total brasileiro)
Investimentos previstos	US\$ 12 bilhões (2,4 % do total previsto para o país)

FONTE: ABIMCI (Estudo Setorial 2003)

LIMA (2003) confirma que "o Brasil apresenta o maior rendimento na produção de *eucalipto* e *pinus* do mundo, com custo inferior ao de importantes concorrentes, como Nova Zelândia, África do Sul, Chile e Estados Unidos". Segundo ele, em virtude das possibilidades existentes tanto no mercado externo quanto no mercado interno, o setor florestal tem previsão de crescimento, nos próximos cinco anos, de 10% a 12% ao ano.

#### 2.1.1 Apagão florestal

Historicamente o Brasil mais cortou do que plantou. Começou com a chegada dos portugueses que levaram boa parte do pau-brasil para a Europa. Em vez de replantar, substituíram por canaviais e isso nunca foi revertido. Dados da década de 90 mostram que 2 milhões de hectares de floresta nativa foram abatidas, incluindo a

Amazônia (SCHARF, 2003, p. 52).

Segundo LIMA (2003), houve durante as décadas 70 e 80, incentivos fiscais que estimularam o cultivo de pinus e eucalipto (madeiras de crescimento rápido) na tentativa de diminuir a devastação das florestas, impulsionando o Brasil a ter 4,8 milhões de hectares de reflorestamento com estas espécies.

Os incentivos se extinguiram em 1987, implicando na redução nos plantios, e comprometendo a expansão do setor. Em abril de 2000, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Floresta (PNF), através do Ministério do Meio Ambiente (BRDE, 2003, p. 7).

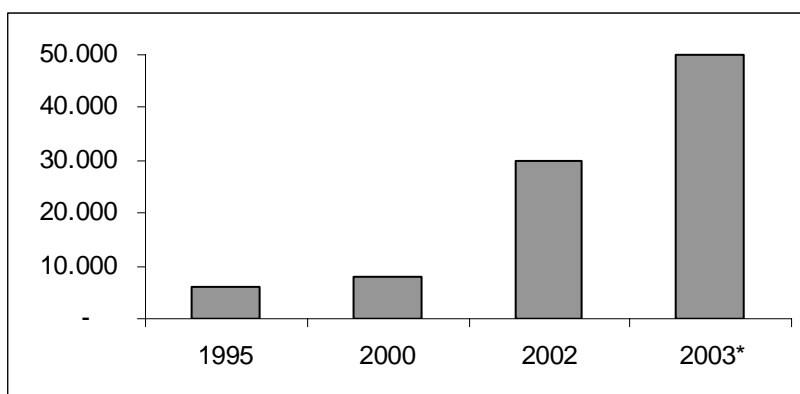
O PNF surgiu devido ao reconhecimento da importância do setor florestal pelo governo (LEITE, 2003, p.67); contudo, isso não foi o suficiente para suprir a demanda crescente.

Estima-se para 2003 um déficit de 11,3 milhões de m<sup>3</sup> de tora de pinus no Brasil. Considerando apenas a região Sul, onde se concentra a maior demanda, o déficit para o mesmo ano foi ainda maior (12,3 milhões de m<sup>3</sup>). Este déficit só não foi maior devido às explorações das florestas nativas; "é como se fosse um poupador que além dos juros, sacasse também parte do capital investido". A tendência é aumentar o déficit, caso o crescimento florestal não supere a demanda, estimando-se para 2020 um pouco mais de 27 milhões de m<sup>3</sup> (INFORMATIVO STCP 2003-2004, p.18-19).

Segundo SCHARF (2003, p. 55), o Ministério do Meio Ambiente vem avisando que vai faltar madeira desde 1997, e para reverter o quadro seria necessário plantar 300 mil hectares anuais. Como isso não aconteceu, estima-se a necessidade entre 500 mil a 600 mil hectares por ano.

Como consequência, tem-se um aumento na importação nos últimos anos, principalmente da Argentina e do Uruguai, devido à oferta insuficiente e o preço nacional. Em 1995, as importações eram de 6 mil m<sup>3</sup> de madeira serrada de pinus e em 2002 foi de 30 mil m<sup>3</sup>.

FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DAS IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA DE PINUS - 1995/2003



\*ESTIMATIVA STCP

FONTE: Banco de Dados STCP E SEDEX

NOTA: Figura extraída da publicação do Informativo STCP (2003-2004, p. 21)

De acordo com LEITE (2003, p. 68), o consumo de produtos florestais tem crescido tanto no Brasil como em todo mundo. Caso o Brasil não aumente a produção, há a possibilidade de perder a "atual posição de destaque". Para que isso não ocorra faz-se necessário "uma ação integrada entre os diversos ministérios do governo, indústrias e pequenos, médios e grandes produtores."

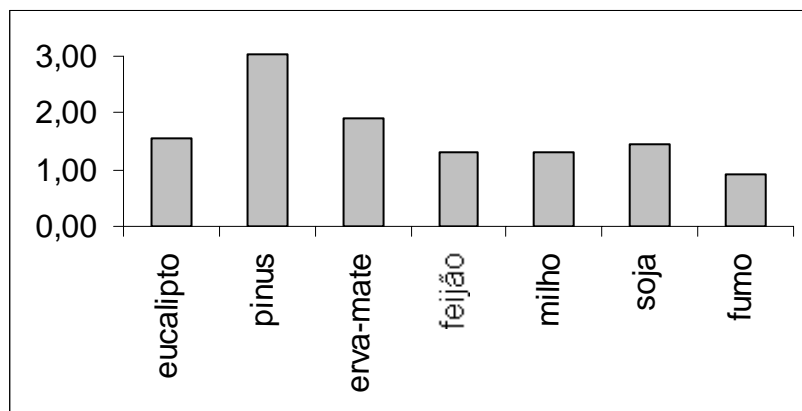
LEITE (2003, p. 68) ressalta que todo brasileiro deveria plantar pelo menos 308 árvores, pois segundo estudo feito pelo SBS, "um brasileiro com vida média de 68 anos consome cerca de 308 árvores durante sua existência."

## 2.2 VANTAGENS DOS PLANTIOS FLORESTAIS FRENTE A OUTRAS CULTURAS AGRÍCOLAS

SAWINSKI JR. (2000, p. 83) em sua avaliação econômica das culturas do feijão, do milho, da soja, do fumo, do pinus, do eucalipto e da erva-mate, verifica que o pinus é uma cultura com o melhor retorno econômico (Figura 4), devida a pouca necessidade de mão-de-obra e de insumos. Nesta Figura, os valores na vertical representam a expectativa de ganho (após 21 anos e em valores monetários hoje) para cada R\$ 1,00 investido hoje nas respectivas culturas. O critério do IBC é detalhado

mais adiante.

FIGURA 4 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS CULTURAS PELO CRITÉRIO DO IBC



FONTE: Dados extraídos de SAWINSKI JR. (2000, p. 53-82)

Segundo o mesmo autor, o reflorestamento funciona como uma "poupança verde", uma fonte de capitalização que recupera o dinheiro no médio-longo prazo, para o pequeno produtor, que deve ter uma outra fonte de renda e um espaço disponível na propriedade para cultivo de floresta. (SAWINSKI JR., 2000, p. 84)

Na Tabela 3, o valor presente líquido (VPL) foi calculado com equiparação dos projetos para 21 anos, ciclo este do pinus (SAWINSKI JR., 2000, p. 14). Observa-se que a erva-mate é o maior VPL (com R\$ 5.363,51), mas apresenta a desvantagem de ser intensivo em insumos e mão-de-obra, o que torna um fator limitante para o pequeno produtor. Problemas com pragas e alto custo para eliminá-las desestimulam a cultura.



TABELA 3 - ANÁLISE ECONÔMICA DAS CULTURAS COM BASE NO CRITÉRIO DO VPL

CULTURA	VPL (R\$/ha)
Eucalipto	880,84
Pínus	2.028,79
Erva-mate	5.363,51
Milho	1.178,02
Feijão	1.805,76
Soja	2.025,75
Fumo	(2.681,56)

FONTE: Dados extraídos de SAWINSKI JR. (2000, p. 53-82)

RODIGHERI<sup>1</sup> apud SCHARF (2003, p. 54) confirma que a floresta pode funcionar como uma poupança para o pequeno produtor, pois "quem plantou cem árvores por ano, nas últimas duas décadas, tem agora um salário mínimo mensal garantido - e pouca gente nesta região ganha mais do que isto por mês".

RODIGHERI (2000, p. 5) afirma que a propriedade agrícola pode aumentar a renda, fazendo melhor uso de suas terras, pois segundo ele, "em média, 10% ou mais da área é inaproveitada, principalmente, por apresentar terras pobres, dobradas e impróprias para os cultivos agrícolas anuais." Ele ressalta que caso o produtor dependa da produção agrícola para a sobrevivência da família, deve usar as melhores terras para as culturas anuais e plantar árvores em:

- áreas abandonadas;
- beiras de estradas e cercas;
- áreas com capoeiras de baixo valor econômico;
- áreas impróprias para a mecanização;
- áreas úmidas ou alagadiças que não podem ser drenadas para uso agrícola;
- sistemas agro-florestais (plantando árvores e culturas anuais na mesma

---

<sup>1</sup> Honorino RODIGHERI, autor do estudo da Embrapa Floresta.

área); e

- um quarto do hectare, meio hectare e assim por diante, podendo começar plantando 10 ou mais árvores.

Abaixo listam-se outras vantagens dos plantios florestais e agro-florestais (SCHARF, 2003, p. 54-56):

- demanda menores quantidades de agro-químicos, pois um hectare de soja ou de milho utiliza 8 quilos de agrotóxico, enquanto a floresta quase dispensa o uso de herbicidas ou pesticidas;
- necessita metade da mão-de-obra exigida por outras culturas agrícolas;
- pode ajudar no combate as pragas de outros cultivos como soja e trigo, caso seja plantado ao lado desses cultivos, pois a floresta abriga os inimigos naturais das pragas;
- são mais resistentes às chuvas e à geada;
- ajudam na conservação do solo, no seqüestro de carbono, a amenizar os ventos e diminuem o calor;
- favorece a produção de outros cultivos, segundo PINTO<sup>2</sup> apud SCHARF (2003, p. 54-55) pode "aumentar a produção entre 10% a 20% a mais se for parcialmente sombreado pela floresta”;
- possui um crescimento muito rápido da demanda, em torno de 5% ao ano, causando uma alta taxa de crescimento do preço (20%, 30% e até 75% segundo levantamento do Centro de Estudos Avançados em Economia) da tora para serraria em pé e dependendo do lugar;
- "a taxa interna de retorno (TIR) chega a ser de 2,4 a 4 vezes maior do que a do grão", segundo PINTO este argumento foi decisivo para

---

<sup>2</sup> Amauri Ferreira PINTO, Coordenador estadual do programa de fomento ao plantio florestal da Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-Pr)

parceria entre pequeno produtor e empresas (SCHARF, 2003, p. 55);

- contribuem para a conservação das florestas naturais; e
- podem ser cortadas enquanto houver demanda, não tendo assim, a possibilidade de perda do que não for vendido, na época da colheita como para outros produtos agrícolas.

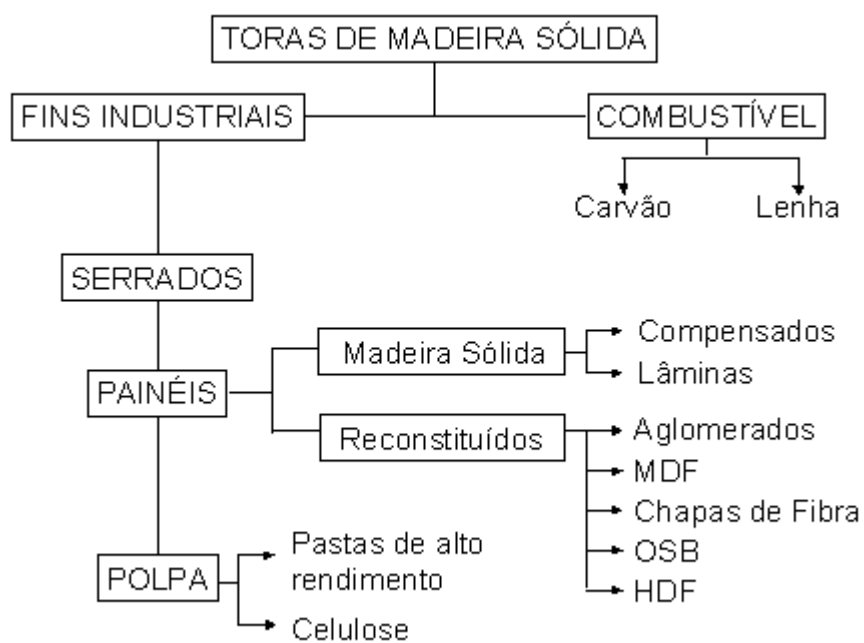
Com relação a este último item, a floresta tem uma outra vantagem: como não há uma data certa para ser colhida, existe apenas um tempo mínimo para atingir o valor comercial, podendo com o tempo aumentar o uso devido ao fato que a madeira tem um crescimento em forma de cone, onde a base vai engrossando com passar dos anos. A Figura 5 apresenta os produtos que serão aplicados no trabalho e qual parte da árvore é destinada aos respectivos produtos. A Figura 6 representa toda a cadeia produtiva da madeira para a indústria de base florestal no Brasil.

Sendo assim possível obter multiprodutos de um povoamento florestal, propiciando a redução dos riscos e dos prejuízos, pois agrega flexibilidade na escolha pela produção de um único uso, como pela produção de multiprodutos, e autonomia no tempo que será realizado o corte.

FIGURA 5 - SEGMENTAÇÃO DA MADEIRA EM FUNÇÃO DE SEU USO



FIGURA 6 - CADEIA PRODUTIVA DA MADEIRA



FONTE: BNDES Setorial (2002, p. 6)

## 2.3 PINUS TAEDA

No sul do país houve uma necessidade de substituir o Pinheiro do Paraná, uma espécie nativa, devida à previsão de escassez principalmente para a celulose na década de 60. O *Pinus taeda* surgiu como uma alternativa, que teve muita aceitação, tornando a região com a maior área plantada de pinus com 8.680 quilômetros quadrados. A disponibilidade de sementes, a adaptação ao solo seco e arenoso, e o fato de não ser afetada pelas geadas anuais foram fatores importantes para sua fixação.

Um outro fator importante é o tempo de maturação, principalmente quando comparados à mesma espécie em outros países como Canadá que é quatro vezes maior e dos Estados Unidos que é duas vezes maior.

O pinus tem se tornado uma fonte de renda até para pequenos produtores, como se pode verificar no sub-título da reportagem da revista globo rural (fev. 2004): "faltam árvores para abastecer as indústrias de papel e de móveis, o que torna o plantio de pinus e eucalipto em pequenas propriedades um negócio promissor", isto é causado pelo aumento na demanda da matéria prima (SILVESTRINI, 2003, p. 46).

## 2.4 TIPOS DE CONTRATOS

De acordo com SOUZA e KREUZ (2003), os contratos de parcerias mais praticados na região dos Campos de Palmas - Pr, são os seguintes:

- arranjo "floresta empresarial": o proprietário rural empreende sozinho e assume o risco do empreendimento;
- arranjo "arrendamento fixo": o proprietário rural arrenda a terra a uma empresa em troca de uma renda fixa, que está em torno de R\$ 7,00 ao mês por hectare, incidindo sobre a área total, a qual normalmente excede em 66,67% a área plantada;
- arranjo "arrendamento com porcentagem": o arrendador paga R\$ 5,80/ha/mês da área efetivamente plantada e paga também 10% de todas

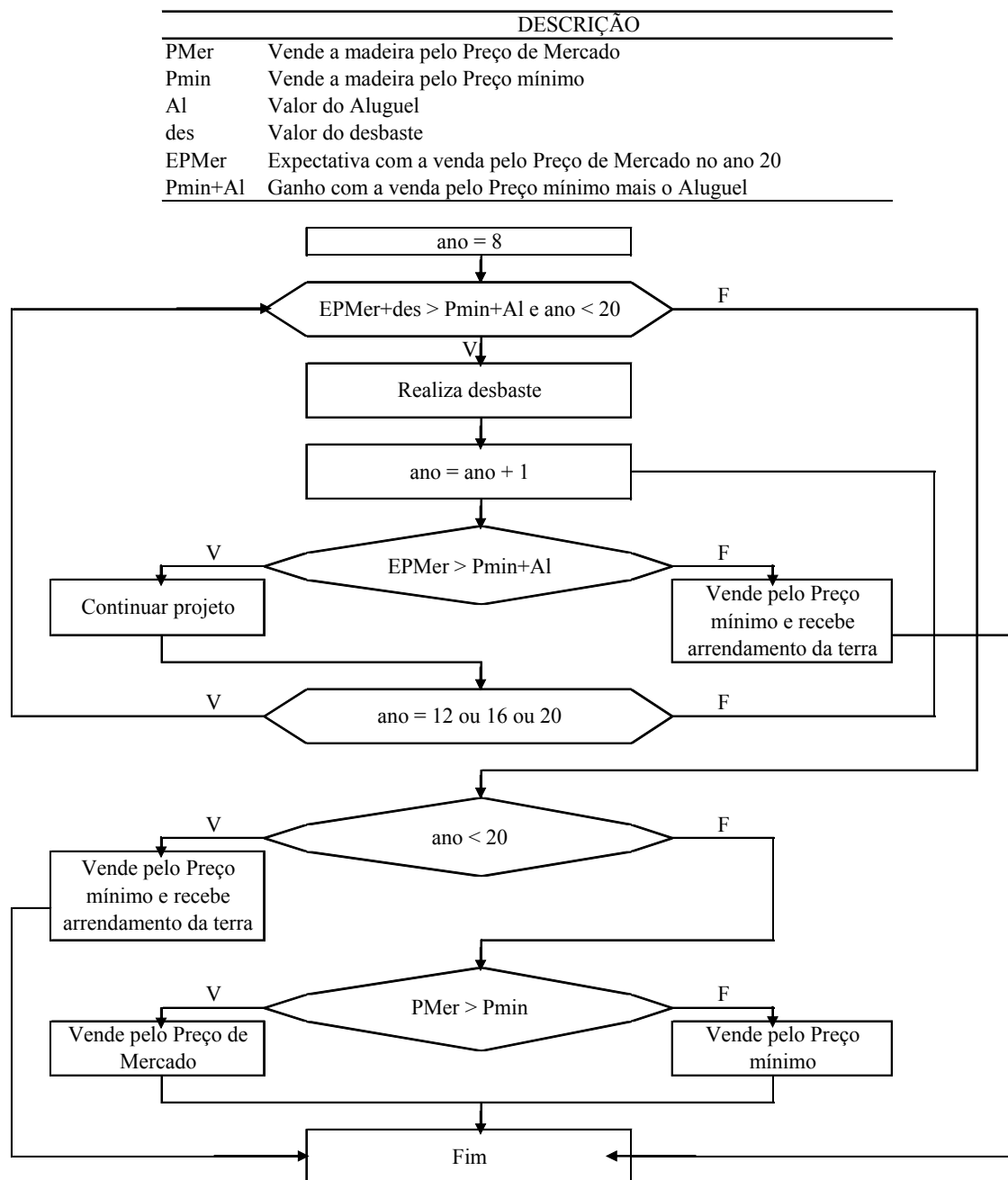
- as receitas recebidas com a venda da madeira; e
- arranjo "parceria com empresas de reflorestamento da região": a empresa assume os investimentos e os custos inerentes aos três primeiros anos. Após este período a empresa concede 25% da área plantada ao proprietário, que se responsabilizará pelas despesas desta área e que resultará na sua renda.

Este trabalho propõe uma outra forma de contrato, denominado "Parceria com empresas de reflorestamento da região com preço mínimo". A essência deste contrato de parceria entre o pequeno produtor rural e as madeireiras da região está em estabelecer um preço mínimo para a compra da madeira. O produtor rural poderá exercer a opção de vender a floresta em pé, para a empresa madeireira, em qualquer época a partir do 8º ano. A empresa tem a obrigação de comprar a floresta em pé, ao preço mínimo de contrato.

A Figura 7 representa, de forma esquemática, o funcionamento do contrato para o produtor. Até o ano 8 os gastos com mudas, roçadas, plantio e combate às formigas, entre outros custos relativos à implantação e manutenção, são de responsabilidade do proprietário da terra. A partir do ano 8 começa o momento de decisões. Ele pode optar por realizar o desbaste caso a expectativa de ganho com a venda da madeira pelo preço de mercado continue acima do preço mínimo ou abandonar pelo preço mínimo estipulado pelo contrato e receber um arrendamento anual pelo uso da terra até que se dê o corte raso. Sendo esta a decisão para as datas de desbaste (anos 8, 12 e 16). Para os demais anos a idéia é a mesma, consiste em analisar o que é mais rentável: manter o projeto ou abandonar pelo preço mínimo mais o aluguel anual.

Para a empresa este contrato ajuda a garantir o suprimento florestal, diminuindo o risco da falta de madeira.

FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DO CONTRATO



### 3 SUPORTE TEÓRICO

Neste capítulo são abordadas duas formas de análise de investimento: uma baseada em indicadores de retorno e indicadores de risco e a outra na teoria das opções reais. Ambas as abordagens utilizam o fluxo de caixa descontado das expectativas de receitas com a venda da madeira. Apresenta-se, a seguir, um breve histórico sobre ambas abordagens.

#### 3.1 MÉTODO MULTI-ÍNDICE

Este método consiste em estimar o retorno esperado e o grau de risco associado a esse retorno, permitindo ao investidor uma melhor informação do projeto que está sendo avaliado. Classifica-se em dois grupos: indicadores associados à rentabilidade do projeto e indicadores associados ao risco do projeto. O tratamento teórico dos indicadores foi baseado em SOUZA e CLEMENTE (2004).

##### 3.1.1 Indicadores de Retorno

###### 3.1.1.1 Valor presente líquido (VPL)

É a ferramenta mais utilizada para avaliação de projetos. Consiste na concentração de todos os valores esperados do fluxo de caixa na data zero, sendo descontada a Taxa de Mínima Atratividade (TMA)<sup>3</sup>. A fórmula ( 1 ) representa a diferença entre valores presente dos recebimentos, dos pagamentos de um projeto e o investimento  $FI$ , sendo  $FR_j$  os recebimentos do ano  $j$  e  $FP_j$  os pagamentos do ano  $j$ .

---

<sup>3</sup> Segundo a metodologia de SOUZA e CLEMENTE (2004) a Taxa Mínima Atratividade é a melhor taxa, com baixo risco, para uso alternativo do capital investido.



$$VPL = \sum_{j=1}^T \frac{FR_j}{(1+TMA)^j} - \sum_{j=1}^T \frac{FP_j}{(1+TMA)^j} - FI \quad (1)$$

onde  $T$  representa a duração, em anos, do projeto.

O VPL significa que o investimento foi recuperado e remunerou também aquilo que teria sido ganho caso fosse aplicado na TMA. A informação do VPL, embora útil, não é suficiente para suportar uma decisão de investimentos por não permitir aquilatar a magnitude do retorno obtido, e caso seja maior que zero o projeto deve continuar sendo analisado.

### 3.1.1.2 Valor presente líquido anualizado (VPLa)

É muito utilizado quando se trata de projetos de longa duração ou para comparação de projetos com horizontes de planejamentos diferentes. É a distribuição do VPL em anos, como se fossem pagamentos anuais equivalentes. É calculado através da fórmula ( 2 ).

$$VPLa = VPL \times \frac{(1+TMA)^T - 1}{TMA \times (1+TMA)^T} \quad (2)$$

O VPLa permite, para efeito de comparação com o mercado, distribuir esse ganho por ano, essa informação já permite melhor avaliação da magnitude do ganho.

A deficiência comum do VPL e do VPLa, para expressar o retorno do investimento, reside no fato de ambos expressarem em valores monetários absolutos e não em valores relativos, como é usual no mercado.

### 3.1.1.3 Índice benefício/custo (IBC)

O IBC visa, em parte, corrigir a deficiência do VPL e do VPLa que é a de expressarem o retorno em valores absolutos. O IBC é um indicador relativo e mede a expectativa de ganho por unidade de capital investido no projeto em relação ao que teria sido ganho se este capital fosse aplicado na TMA. Pode ser interpretado como a rentabilidade real esperada para todo o horizonte de planejamento do projeto. O IBC nada mais é do que a razão entre o valor presente do fluxo esperado de receitas líquidas e o valor presente do fluxo de investimentos, apresentado na fórmula ( 3 ).

$$IBC = \frac{\sum_{j=1}^T \frac{FR_j - FP_j}{(1 + TMA)^j}}{VP(FI)} \quad (3)$$

O IBC, assim como o VPL, não deve ser usado para comparar projetos com horizontes de planejamento distintos, pois ele mede a rentabilidade do projeto para todo o seu horizonte de planejamento.

### 3.1.1.4 Retorno adicional decorrente do investimento

É a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto. É o análogo percentual do conceito de Valor Econômico Agregado (EVA)<sup>4</sup>, representa a expectativa de rentabilidade gerada pelo projeto para um horizonte mais convencional (ano). É calculada pela equação abaixo.

$$ROIA = \sqrt[T]{IBC} - 1 \quad (4)$$

---

<sup>4</sup> EVA esta sendo recentemente tratado como o excedente ou o lucro residual obtido com a aplicação do capital na TMA.

### 3.1.2 Indicadores de Risco

#### 3.1.2.1 Taxa interna de retorno (TIR)

É a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero (equação 5) e representa um limite para variação da TMA, embora possa ser usado também como uma estimativa do limite superior da rentabilidade do projeto.

$$-FI + \sum_{j=0}^T \frac{FR_j - FP_j}{(1 + TIR)^j} = 0 \quad (5)$$

SOUZA e KREUZ (2003) argumentam que a TIR também pode ser usada com medida de risco. Quanto mais próximo a TIR estiver da TMA maior será o risco. Isto pode ser observado em ( 6 ) , onde o risco aumenta quando essa relação tende para 1.

$$0 \leq \frac{TMA}{TIR} \leq 1 \quad (6)$$

#### 3.1.2.2 Período de recuperação do investimento (Pay-back)

Devido à tendência de mudanças na economia é importante saber quanto tempo leva para recuperar os investimentos. O procedimento para o cálculo é encontrar o número de períodos (x) que torne os fluxos de recebimentos líquidos igual aos fluxos de investimentos.

$$\sum_{j=0}^x \frac{FR_j - FP_j}{(1 + i)^j} > FI \quad (7)$$

onde  $x \in [0, T]$

O risco é avaliado em ( 8 ) , onde quanto mais próximo de 1 será maior o risco.

$$0 \leq \frac{x}{T} \leq 1$$

( 8 )

### 3.1.3 Limitação da abordagem Multi-índice

Apesar de ser uma metodologia consistente e largamente utilizada, a abordagem multi-índice não permite a inserção de flexibilidade gerencial como abandonar, reduzir, expandir ou adiar o início do projeto. Por isso torna-se necessário o uso da teoria das opções reais para permitir tais flexibilidades. Para o trabalho realizado, o pequeno produtor terá o direito de vender a floresta (flexibilidade gerencial) caso o valor da floresta venha cair abaixo de um preço mínimo de contrato. Na terminologia de opções reais isto é considerado como uma opção de abandono.

## 3.2 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

### 3.2.1 Histórico

A teoria das opções reais é uma ferramenta nova para análise de investimento. Há, porém, registro do uso das opções entre os escritos de Aristóteles com a história de Tales, o filósofo que viveu na ilha de Milos, no Mediterrâneo. Tales comprou o direito de uso das prensas para a produção de óleo por um determinado preço, pois nas previsões dele a colheita seria promissora, e se suas expectativas estivessem corretas, ele exerceria o direito de uso e cobraria pelo uso das prensas uma quantia mais elevada, a preço de mercado (COPELAND e ANTIKAROV, 2001, p. 7).

Segundo DIAS (1996, p. 96) o termo "opções reais" apareceu pela primeira vez em 1977, no trabalho de MYERS<sup>5</sup>, onde a oportunidade de expandir uma empresa foi vista como uma opção de compra, sendo este termo proveniente das opções financeiras. Opções estas consolidadas com o trabalho de BLACK e SCHOLES (1973), que permite avaliar opções européias<sup>6</sup> que não pagam dividendos e o trabalho de MERTON<sup>7</sup>, que ajustou para dividendos. É um dos modelos mais utilizado no mercado financeiro e, em 1997, recebeu o Prêmio Nobel de Economia<sup>8</sup>.

DIAS (1996, p. 96) ressalta que o brasileiro TOURINHO<sup>9</sup> foi o pioneiro no uso da teoria das opções reais em projetos de recurso naturais, em 1979. Neste mesmo ano COX, ROSS e RUBINSTEIN (1979) utilizaram a árvore binomial para apreçamento das opções e empregaram uma matemática mais simples que as equações diferenciais estocásticas, utilizadas por Black-Scholes, que no limite se aproxima do modelo dos mesmos. Neste artigo eles agradecem a William SHARPE<sup>10</sup>, que foi o primeiro a sugerir as vantagens da aproximação em tempo discreto para avaliação da opção.

Muitos trabalhos foram feitos, como BRENNAN e SCHWARTZ (1985) que aplicam a teoria das opções reais para valorar um recurso natural não renovável, decidindo pela abertura e pelo fechamento de uma mina de cobre, onde as incertezas sobre as receitas futuras são importantes para a decisão. DIAS (1996, p. 97) cita o

---

<sup>5</sup> MYERS, S. C. Determinants of corporate borrowing. **Journal of Financial Economics**, n. 5, p.147-175, November 1977.

<sup>6</sup> As opções européias serão detalhadas mais adiante.

<sup>7</sup> MERTON, R.C. "Theory of rational option pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, n. 4, p.141-183. Spring 1973

<sup>8</sup> Prêmio recebido por MERTON e SCHOLES, pois BLACK faleceu em 1988.

<sup>9</sup> TOURINHO, O. A. F. **The valuation of reserves of natural resources: An option pricing approach**. University of California, Berkeley, PhD Dissertation, November 1979.

<sup>10</sup> SHARPE W. F. **Investments**. Prentice-Hall, 1978.

modelo BRENNAN e SCHWARTZ (1985) e PADDOCK, SIEGEL e SMITH<sup>11</sup> como os mais citados na literatura. Ressalta que há dezenas de trabalhos para petróleo, pesquisa e desenvolvimento, entre outros assuntos; mas será observado que existem poucos trabalhos aplicados à floresta.

MORCK, SCHWARTZ e STANGELAND (1989) publicaram o primeiro artigo aplicado a recursos florestais, calculando o valor da concessão de pinheiros em Alberta, Canadá. Esses autores incorporam incertezas, de preço e do estoque da madeira, resultando em um modelo como uma equação diferencial parcial não-linear resolvida por métodos numéricos. Este modelo foi referência básica no trabalho realizado por ROCHA et al (2000) para concessões das florestas nacionais da Amazônia.

THOMSON (1992) faz uso do modelo binomial para decidir o tempo ótimo de corte, considera que o preço pode subir ou descer e que o volume é variável em função da idade. Ele considera a formulação com uma programação dinâmica que a cada estágio procura solucionar a seguinte questão: colher ou esperar mais um período.

TORSEN (1997) usa programação dinâmica estocástica em tempo contínuo, modelo apresentado por DIXIT e PINDYCK (1994) para avaliação de ativos não replicáveis, ideais para mercado incompleto<sup>12</sup>, que verifica a opção de investir agora ou esperar. Ele encontra uma solução analítica a partir de três condições de contorno para a região onde é indiferente investir agora ou depois.

DUKU-KAAYIRE e NANANG (2003) e CUNHA (2003) foram os primeiros autores que aplicaram diretamente a teoria das opções reais, inserindo

---

<sup>11</sup> DIAS (1996, p. 97) cita que eles desenvolveram uma série de artigos (1983, 1985, 1987 e 1988), sendo o último mais completo: (PADDOCK, J.L.; SIEGEL, D. R.; SMITH J. L. Option valuation of claims on real assets: The case of offshore petroleum leases. **Quarterly Journal of Economics**, p.479-508, August 1988).

<sup>12</sup> Mercado incompleto significa que não há ativo no mercado com as mesmas características de retorno e risco do ativo em questão.

flexibilidade gerencial, como a opção de diferimento, expansão e abandono, e utilizaram o modelo binomial, que serão apresentados mais adiante.

A maioria dos trabalhos que foram realizados para investimentos florestais estão preocupados com o tempo ótimo de corte, a exemplo do modelo de Faustmann, que calcula o valor da floresta para infinitas rotações, desenvolvido por FAUSTMANN (1849).

REED e CLARKE (1990) e YIN e NEWMAN (1997) são exemplos de trabalho que modelam o preço e o volume como variáveis aleatórias que seguem o Movimento Geométrico Browniano<sup>13</sup> (MGB). HAIGTH e HOLMES (1991) e REED e HAIGHT (1996) estimam os parâmetros tendência e variância, que são aplicados no MGB, utilizando séries temporais em dados para *Pinus taeda*.

### 3.2.2 Definições

#### 3.2.2.1 Opção de compra (*call*) ou opção de venda (*put*)

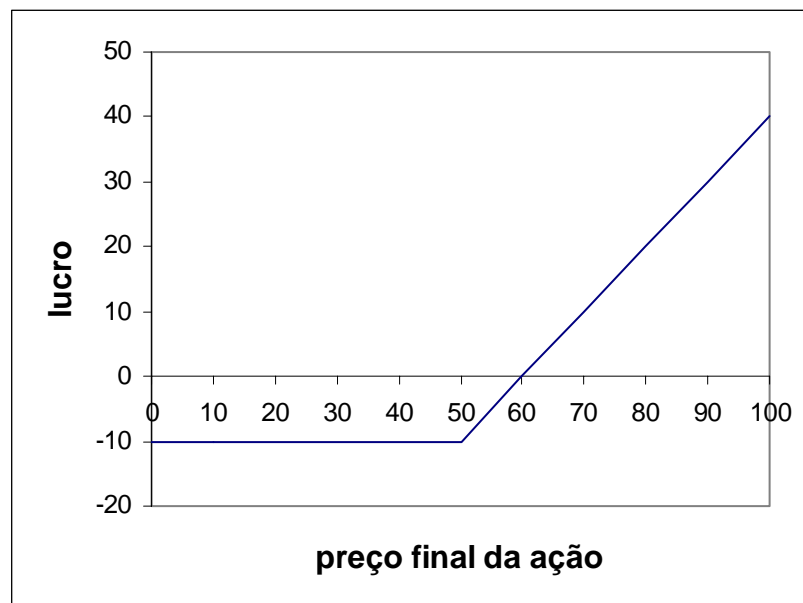
Nas opções financeiras, opção é o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender uma ação a um preço predeterminado, denominado preço de exercício, em um prazo final pré-estabelecido. Esse direito é adquirido com o pagamento de um prêmio. Um bom exemplo é um contrato de seguro, onde o comprador do seguro, paga um prêmio (valor do seguro) a uma seguradora que é a vendedora da opção, para que o comprador seja ressarcido caso haja um sinistro.

Considere uma opção de compra com preço de exercício  $X=50$  e prêmio  $p=10$  e o lucro da opção, em função do valor final da ação  $S$ . A Figura 8 mostra como o lucro ou perda líquida de uma opção de compra varia com o preço final da ação.

---

<sup>13</sup> Segundo DIXIT e PINDYCK (1994, p. 72), o movimento geométrico browniano é geralmente utilizado para modelar preços de ações, bem como a taxa de juros e outras variáveis financeiras e econômicas.

FIGURA 8 - CURVA DO LUCRO DA OPÇÃO DE COMPRA PARA O COMPRADOR



Verifica-se que a opção será exercida se o valor da ação for maior que o preço de exercício, mesmo que haja perda. Por exemplo, se o preço final da ação for de 55, ele teria um prejuízo de 5 e se não exercesse a opção a perda seria de 10. O lucro ocorrerá quando preço da ação for maior do que a soma do preço de exercício com o prêmio pago. A remuneração é verificada abaixo:

$$Cc = \max(S - X - p, -p)$$

(9)

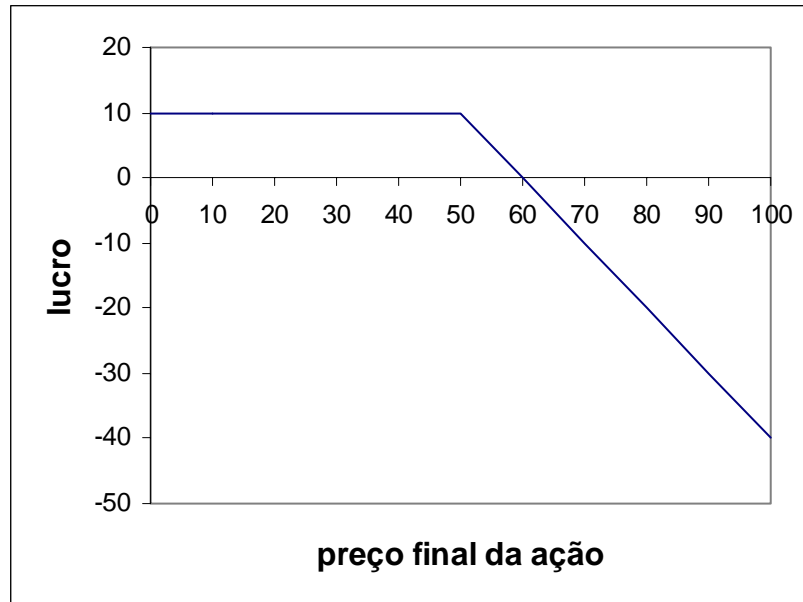
Na figura 9 temos uma opção de compra, vista pelo lado do vendedor da opção, sendo o preço de exercício igual a 50 e prêmio igual a 10. O lucro da opção é uma função do valor da ação. O vendedor da opção sairá perdendo, caso o preço da ação venha a subir acima do preço de exercício mais o prêmio ganho pela opção, por que assim o comprador exercerá a opção e passar a ter lucro, caso contrário, o lucro máximo que poderá receber, será o prêmio recebido. O fórmula ( 10 ) é para o lucro.



$$C_v = \min(p, p + X - S)$$

( 10 )

FIGURA 9 - CURVA DO LUCRO DA OPÇÃO DE COMPRA PARA O VENDEDOR



Enquanto na opção de compra, o comprador espera que o preço suba, na opção de venda é ao contrário, o comprador espera que o preço caia. A Figura 10 é o caso de uma opção de venda para o comprador, com os mesmos dados da opção compra. Neste caso não foi mostrado o gráfico do vendedor, pois como pode ser observado nas figuras anteriores e suas respectivas expressões, uma é inversa da outra e as expressões ( 11 ) e ( 12 ) confirmam essa afirmação.

$$V_c = \max(X - S - p, -p)$$

( 11 )

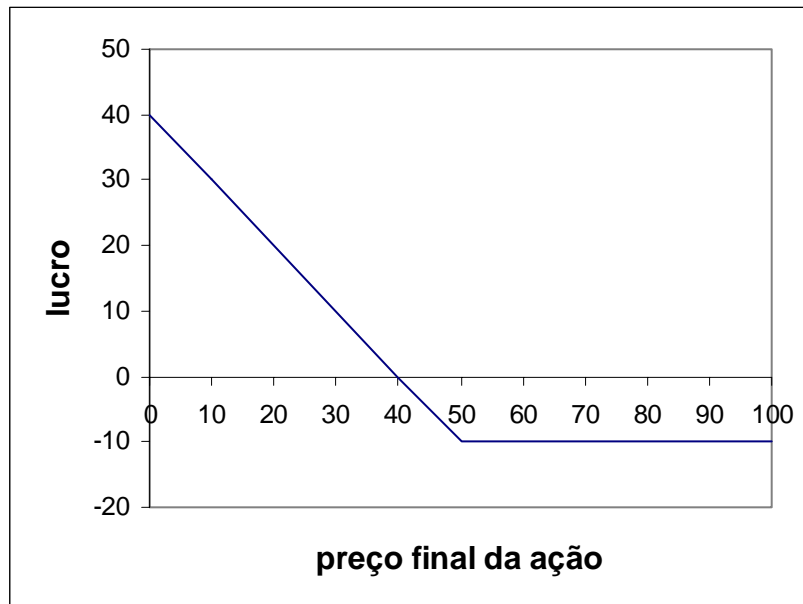
$$V_v = -\max(X - S - p, -p) = \min(p + S - X, p)$$

( 12 )

Ação pode ser apenas uma ação propriamente dita, mas também pode ser algo que seja expresso através de índice ou unidade monetária como o preço da saca

de milho, preço do algodão, valor de uma carteira de investimento, o valor do índice da bolsa de valores de São Paulo (IBOVESPA), etc...

FIGURA 10 - CURVA DO LUCRO DA OPÇÃO DE VENDA PARA O COMPRADOR



No caso das opções reais, é o direito, mas não a obrigação, de tomar decisões durante a vida do projeto, tornando-o flexível, como por exemplo, a decisão de cortar as árvores hoje, para receber determinado fluxo, ou esperar. Ou ainda a opção de abandonar o projeto caso o lucro não supere os custos. Essas decisões são flexibilidades gerenciais que podemos considerar na análise econômica de um projeto. Os tipos de flexibilidades serão detalhados mais adiante.

Algumas analogias entre opções financeiras e opções reais são apresentadas na Tabela 4:

TABELA 4 - ANALOGIA ENTRE OPÇÕES FINANCEIRAS E OPÇÕES REAIS

OPÇÕES FINANCEIRAS	OPÇÕES REAIS
Preço atual da ação	Valor presente do projeto
Volatilidade do preço da ação	Volatilidade do valor do projeto
Preço de exercício	Investimento
Tempo para o vencimento	Tempo até expiração dos Direitos de Investir
Dividendos esperados durante a vida da opção	Taxa de distribuição de Fluxo de Caixa

### 3.2.2.2 Opção americana e opção européia

Opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento da vida do projeto. Opções européias são exercidas apenas no vencimento. Aparentemente, a opção de compra americana se beneficia com o direito de exercício antecipado; contudo se a ação não paga dividendos, MERTON<sup>14</sup>, citado por BLACK e SCHOLES (1973, p. 647), diz que o exercício antecipado nunca é racional, logo uma opção de compra americana e européia tem o mesmo valor. Assim pode-se utilizar o modelo de Black-Scholes para precificação de ambas as opções. Por sua vez, a opção de venda, muitas vezes exercida antecipadamente, é racional, podendo diferir substancialmente, e neste caso não existe modelo analítico simples como a européia.

Segundo LOPES (2001, p. 32), a única situação para a qual existe uma fórmula de avaliação para opções americanas é o modelo de ROLL, GESKE e WHALEY<sup>15</sup> que paga um dividendo durante a vida da opção. Para resolver um problema deste tipo utiliza-se o modelo binomial, que permite avaliar independentemente do pagamento ou não de dividendos.

---

<sup>14</sup> MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. **Bell J. Econ. and Management Sci.** 1973.

<sup>15</sup> Este modelo foi desenvolvido em Geske (1979 e 1981), Roll (1977), Whaley (1981).

### 3.2.3 Modelos

Os dois modelos apresentados são os mais importantes, sendo o modelo de Black-Scholes o que revolucionou o mercado de opções dos Estados Unidos. O modelo de Cox-Ross-Rubinstein, aplicado neste trabalho, é o mais flexível pois permite avaliar opção de compra e de venda, sendo elas americanas ou européias.

#### 3.2.3.1 Modelo de Black e Scholes

O modelo desenvolvido por BLACK e SCHOLLES (1973) para o valor de uma opção em termos do preço do ativo assumirá "condições ideais" de mercado para o ativo e para a opção, ou seja, tem as seguintes hipóteses:

- a taxa de desconto é conhecida e constante através do tempo;
- o preço do ativo segue o modelo de passeio aleatório em tempo contínuo com a medida da variância proporcional ao quadrado do preço do ativo. Assim a distribuição dos possíveis preços do ativo no final de um intervalo é lognormal. A medida da variância do retorno do ativo é constante;
- O ativo não paga dividendos ou outras distribuições;
- A opção é européia;
- Não há custos de transação de compra ou venda do ativo ou da opção;
- É possível tomar emprestada uma parte do preço de um valor mobiliário para comprá-lo ou mantê-lo, a uma taxa de desconto de curto-prazo;
- Não há penalidades para venda a descoberto. Um vendedor que não possui um valor mobiliário irá simplesmente aceitar o preço do valor mobiliário de um comprador, e concordará em pagar a ele em uma data futura a quantia igual ao preço do valor mobiliário naquela data.

A fórmula ( 13 ) é para avaliação de uma opção de compra e a fórmula ( 14 )

para uma opção de venda.

$$C = S \times N(d_1) - X \times e^{-r(T)} N(d_2) \quad (13)$$

$$V = X \times e^{-r(T)} N(-d_2) - S \times N(-d_1) \quad (14)$$

onde:

$S$  = preço corrente da ação

$X$  = preço de exercício

$r$  = taxa de juro livre de risco

$T$  = período de expiração

$N(d)$  = representa a função de distribuição normal acumulativa padrão

onde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T)}{\sigma\sqrt{T}} \quad (15)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (16)$$

sendo:

$\sigma$  = desvio padrão da taxa de retorno da ação

Pode-se notar que o modelo depende de cinco variáveis, entre elas duas necessariamente estimadas: a taxa livre de risco e o desvio padrão da ação. Para a taxa livre de risco é normalmente utilizada a taxa das obrigações do tesouro como uma boa estimativa. Neste trabalho foi utilizada a taxa da aplicação na poupança. Para estimar a volatilidade existem duas formas, segundo LOPES (2001, p. 61-63), a volatilidade histórica e a implícita. A primeira é utilizada neste trabalho, onde se calcula o preço relativo  $PR$ , calculando ( 17 ), onde  $S_{\Delta T}$  é o preço no fim do n-ésimo intervalo

( $\Delta T=1,2, \dots, T$ ), e depois obtêm-se a média e a variância do logaritmo do preço relativo.

$$PR_{\Delta T} = \frac{S_{\Delta T}}{S_{\Delta T-1}} \quad (17)$$

A Tabela 5, mostra os efeitos na avaliação das "call" (opção de compra) e "put" (opção de venda) de uma forma genérica, quando os dados de entrada aumentam.

TABELA 5 - EFEITOS DOS INPUTS DO MODELO DE BLACK-SCHOLES SOBRE O VALOR DE UMA "CALL" E DE UMA "PUT"

INPUTS	EFEITOS SOBRE	
	valor da "call"	valor da "put"
Aumento no valor da ação	Aumenta	Diminui
Aumento no preço de exercício	Diminui	Aumenta
Aumento da variância da ação	Aumenta	Aumenta
Aumento do período de expiração	Aumenta	Aumenta
Aumento nas taxas de juro	Aumenta	Diminui

FONTE: LOPES (2001, p. 63)

Para efeito de comparação, será resolvido um problema de opção de compra e opção de venda. Considerando que o preço da ação, seis meses antes do vencimento de uma opção ( $T = 0,5$ ), está em 42 reais; o preço de exercício da opção é de 40 reais, a taxa de juro livre de risco, é de 0,1 ao ano e a volatilidade de 0,2 ao ano. Aplicando ( 15 ) e ( 16 ), obtêm-se:

$$d_1 = \frac{\ln 1,05 + 0,12 * 0,5}{0,2\sqrt{0,5}} = 0,7693$$

$$d_2 = 0,7693 - 0,2\sqrt{0,5} = 0,6278$$

Em seguida, usa-se ( 13 ) para opção de compra americana. Como o

exercício antecipado não é racional, é o mesmo que uma opção europeia, logo  $C$  é dado por:

$$\begin{aligned} C &= 42 \times N(0,7693) - 40 \times e^{-0,05} \times N(0,6278) \\ C &= 42 \times 0,779 - 38,049 \times 0,735 \\ C &= 4,75 \end{aligned}$$

E para opção de venda europeia utiliza-se ( 14 ):

$$\begin{aligned} V &= 40 \times e^{-0,05} \times N(-0,6278) - 42 \times N(-0,7693) \\ V &= 38,049 \times 0,265 - 42 \times 0,221 \\ V &= 0,80 \end{aligned}$$

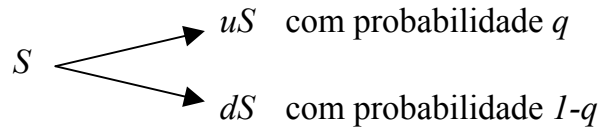
Observa-se que o comprador da opção de compra está disposto a pagar R\$ 4,75, para ter a opção de comprar a ação por R\$ 40,00, em seis meses e só terá lucro caso a ação suba para R\$ 44,75. Por outro lado, o comprador da opção de venda, pagaria R\$ 0,80, para ter o direito de vender a ação por R\$ 40,00, no sexto mês, para que não tenha prejuízo nem lucro o preço deve cair em R\$ 2,80.

### 3.2.3.2 Modelo de Cox, Ross e Rubinstein

Este modelo considera uma árvore de decisão em tempo discreto, onde cada estágio representa as trajetórias que poderão ser seguidas pelo preço da ação. Sua principal vantagem é a flexibilidade, pois permite avaliar tanto as opções de compra, como as de venda, sejam elas americana ou europeia, sobre ações que pagam ou não dividendos.

Para montar a árvore binomial, assume-se que o preço da ação segue um processo multiplicativo, onde o preço da ação seja  $S$ , e pode subir para  $Su$  no próximo período com probabilidade  $q$ , ou descer para  $Sd$  com probabilidade  $1-q$  (Figura 11). Os parâmetros  $u-1$  e  $1-d$  são as possíveis taxa de retorno da ação.

FIGURA 11 - MOVIMENTO ASCENDENTE E DESCENDENTE DA AÇÃO



Para simplificar a exposição, mostrar-se-á para opção de compra com um período, o que muda de uma opção para outra e o procedimento para expandir para mais períodos.

Considere que  $f$  é o preço atual de uma opção de uma ação e, na data de expiração da opção de compra, o preço de exercício é  $X$ . Tem-se que o retorno da opção será o valor  $f_u = \max(0, Su - X)$  se o preço subir, e  $f_d = \max(0, Sd - X)$  caso contrário. Para precificar a opção é necessário que não haja oportunidades de arbitragem, para isso cria-se uma carteira com a ação e a opção, de modo que não haja incerteza com relação a seu valor final. Como a carteira não possui risco, segundo HULL (1996, p.250) pode-se argumentar que seu retorno deverá ser igual à taxa livre de risco.

A carteira é composta de uma posição longa<sup>16</sup> em  $\Delta$  ações de uma empresa e uma posição curta<sup>17</sup> numa opção. No exemplo tem-se três carteiras, uma para o período atual, conhecida como carteira de investimento que é igual a  $\Delta S - f$ , uma caso haja um movimento de alta no preço da ação, onde o valor da carteira ao final da vida da opção será de  $\Delta Su - f_u$  e uma para o caso de um movimento de baixa, que será igual a  $\Delta Sd - f_d$ . Logo para que sejam livres de risco estas duas últimas carteiras devem ser iguais, assim pode-se calcular o valor de  $\Delta$ .

---

<sup>16</sup> Posição longa é equivalente a uma posição comprada. O investidor compra a opção.

<sup>17</sup> Posição curta é uma posição vendida, significa que o investidor vende ou lança a opção.



$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{Su - Sd} \quad (18)$$

A equação ( 18 ) mostra que  $\Delta$  pode ser interpretado como a razão da mudança no preço da opção em relação à mudança no preço da ação e independente do preço da ação subir ou cair, o valor da carteira ( $B = \Delta Su - f_u = \Delta Sd - f_d$ ), pois ambos valores são iguais.

Segundo LOPES (2001, p. 35-36), o valor de  $\Delta$  representa quantas partes de uma ação é necessário comprar (posição longa) e o valor de  $B$  especifica o montante do empréstimo sem risco necessário para financiar o investimento na ação (posição curta).

Na ausência de oportunidades de arbitragem, a carteira de investimento sem risco deve render a taxa juro livre de risco ( $r$  ou  $TMA$ ), assim tem-se que o valor da carteira  $B$ , que é a carteira de rendimento, será igual a carteira de investimentos após o rendimento de juro, assim obtém-se a fórmula ( 19 ).

$$(\Delta S - f)e^{rT} = B \quad (19)$$

Substituindo  $\Delta$  e isolando  $f$ , obtêm-se

$$f = [pf_u + (1-p)f_d]e^{-rT} \quad (20)$$

onde:

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \quad (21)$$

Para resolver com vários intervalos de tempo, deve-se substituir  $T$  por  $\Delta T$ ,

em ambas as fórmulas, que representará a duração do intervalo de tempo. Para exemplo, serão considerados os dados do exemplo de Black-Scholes, onde  $\Delta T$  representará um mês, ou seja, 0,083 do ano. E para calcular o valor dos movimentos ascendente ( $u$ ) e descendente ( $d$ ) do preço da ação, aplicam-se as fórmulas ( 22 ) e ( 23 ), respectivas.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta T}} \quad ( 22 )$$

$$d = \frac{1}{u} \quad ( 23 )$$

A Figura 12 representa uma opção de compra européia, onde tem-se o preço da ação (número superior) e o valor da opção em cada nó (número inferior). Verifica-se que o modelo não apresenta uma boa aproximação para o modelo de Black-Scholes, que obteve R\$ 4,75, subdividindo em intervalos ainda menores, o resultado tenderia para este modelo. Já a Figura 13 representa uma opção de venda e obteve uma aproximação melhor, pois o modelo de Black-Scholes obteve R\$ 0,80 e o binomial R\$ 0,84.

A opção americana verificaria em cada nó a possibilidade do exercício antecipado. A Figura 14 representa a opção de compra e a Figura 15 representa a opção de venda, ambas americanas.

FIGURA 12 - OPÇÃO DE COMPRA EUROPÉIA

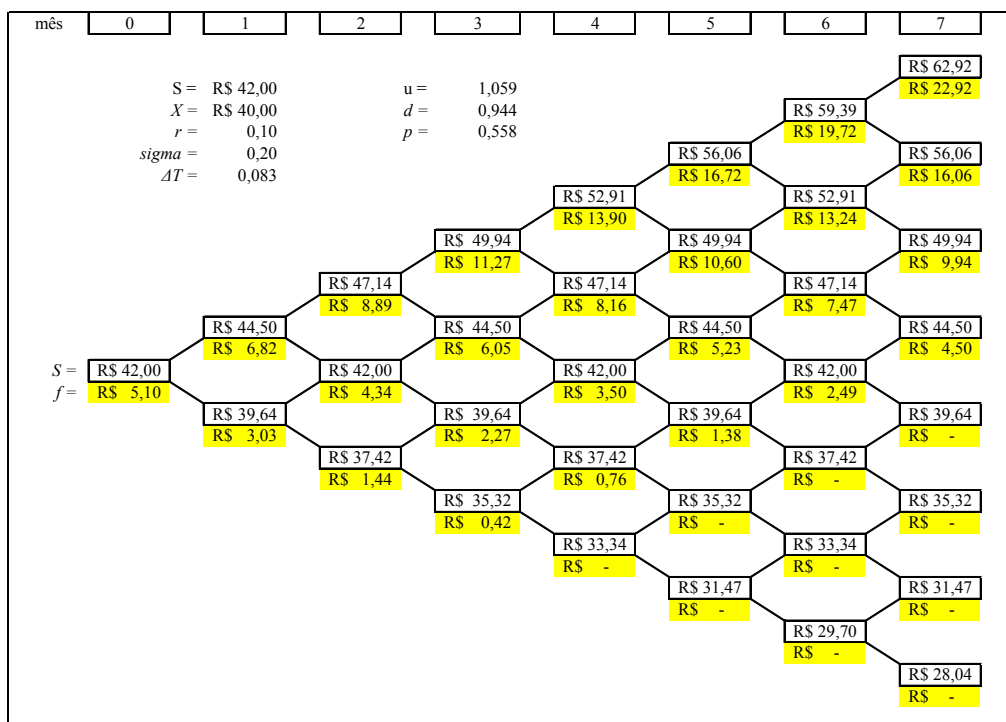
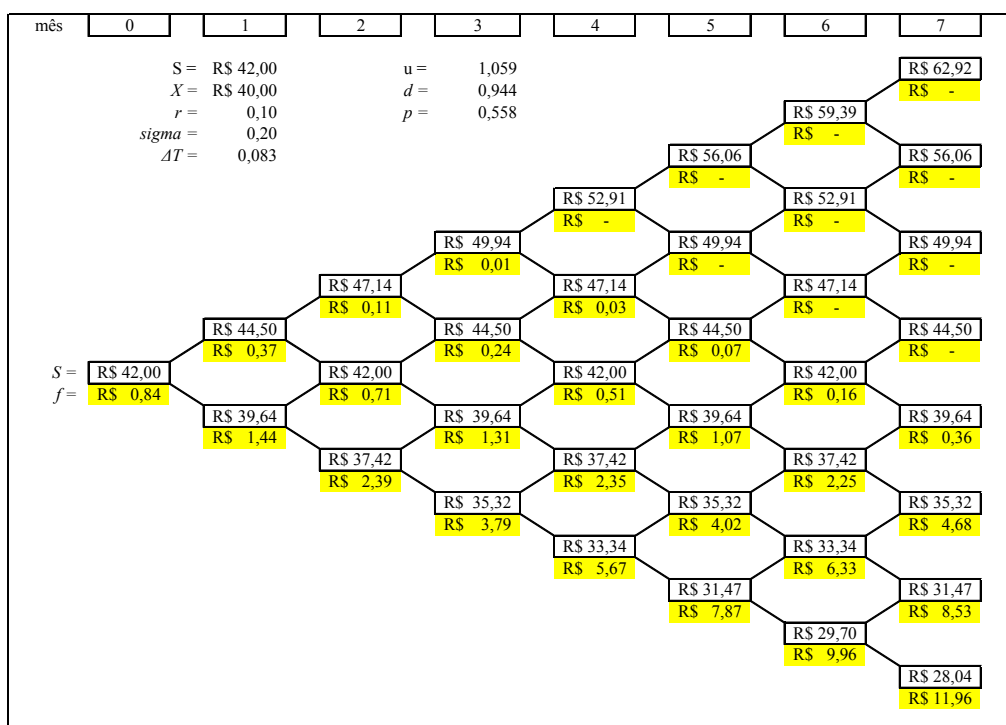


FIGURA 13 - OPÇÃO DE VENDA EUROPÉIA





O Tabela 6 mostra o resumo da comparação entre os modelos e os tipos de opções. Observa-se que a opção de compra americana, não teve variação com relação a opção de compra européia, pois o exercício antecipado não é racional. E a opção de venda americana que apresentou um acréscimo de 17,8% sobre a européia. Verifica-se também na tabela que a opção americana não é avaliada pelo modelo de Black-Scholes.

TABELA 6 - RESUMO COM OS RESULTADOS

MODELO	TIPO DE OPÇÃO			
	Européia		Americana	
	Compra	Venda	Compra	Venda
Black-Sholes	4,50	0,80	*	*
Binomial	5,10	0,84	5,10	0,99

\* O modelo de Black-Scholes não avalia opções americanas

Para o modelo deste trabalho o parâmetro  $p$  foi alterado, pois segundo HULL (1996, p. 254, 278), considerando  $p$  na fórmula ( 21 ), tem-se "que o preço da ação aumenta, em média, à taxa livre de risco", o que não acontece com o preço da madeira. Assim não se pode assumir que  $r = \mu$ .

Segundo o mesmo autor,  $p$  pode ser definido como:

$$p = \frac{a - d}{u - d} \quad (24)$$

Onde  $a$  pode ser:

- $e^{r\Delta T}$  para o preço da ação<sup>18</sup>;
- $e^{(r-q)\Delta T}$  quando paga dividendo a uma taxa continua  $q$  aplicado a opções

---

<sup>18</sup> HULL (1996, p. 252)

sobre moedas e índices de ações<sup>19</sup>;

- 1 para opções sobre o futuro<sup>20</sup>, ou *commodities*; e
- $e^{\mu\Delta T}$  onde  $\mu$  é a taxa de retorno esperado ao ano de um investimento na ação.

LOPES (2001, p. 60), "se pressupomos que a rentabilidade das ações está log-normalmente distribuída com a rentabilidade média dada por  $\mu$  e um desvio padrão de  $\sigma$ , para uma unidade de tempo  $\Delta T$ , então podemos definir os seguintes *inputs* binomiais como:"

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta T}} \quad (25)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (26)$$

$$p = \frac{e^{\mu\Delta T} - d}{u - d} \quad (27)$$

O modelo formulado para o trabalho admitirá que os movimentos ascendentes e descendentes do preço da madeira e o parâmetro  $p$ , serão as fórmulas acima apresentadas, onde  $\mu$  representará a taxa de crescimento do preço.

### 3.2.4 Tipos de opções

#### 3.2.4.1 Diferimento

É uma opção de compra americana, que permite ao investidor a possibilidade

---

<sup>19</sup> HULL (1996, p 295, 371)

<sup>20</sup> *ibid.*, p.320.

de adiar um investimento ou o início de um projeto, onde o mesmo deixa de ser "agora-ou-nunca", sendo esta uma das principais críticas de DIXIT e PYDINCK (1994, p. 6) ao cálculo do fluxo de caixa descontado.

DUKU-KAAKYIRE e NANANG (2003) utilizam este tipo de opção em sua análise de projetos florestais adiando a regeneração da madeira colhida, ou fertilização. Permite à gerência a flexibilidade de adiar a regeneração da floresta por até 10 anos, considerando o custo de investimento como constante durante o período, onde se beneficiará com o movimento do preço ou crescimento. Foi formulado com um modelo binomial, que consiste em escolher o máximo entre o valor presente menos o investimento ou zero. Esta opção foi aplicada pois o valor presente líquido do projeto sem flexibilidade era negativo. Para o caso deste trabalho será observado que o projeto é viável tornando o investimento inadiável.

THOMSON (1992) usa o modelo binomial para decidir se colhe agora ou espera. A idéia empregada consiste em uma empresa que arrendou um hectare de pinus com 16 anos, e tem a opção de cortar tudo ou esperar até o ano 20 para ver a evolução dos preços, supondo uma empresa interessada por madeira para serraria.

Os parâmetro de subida, descida e probabilidade aplicados por THOMSON (1992, p. 331) são os mesmo apresentados nas fórmulas ( 25 ), ( 26 ) e ( 27 ) respectivamente. O critério para decisão é dada pela fórmula ( 28 ), onde a primeira parte corresponde a realização da colheita e a outra, ao valor almejado por esperar mais um período.

$$V[P,Q]=\max\left\{P_{t,i}Q_{t,j}+V[P_{t,i},Q_{t,0}],\frac{V[P_{t+1,i},Q_{t+1,j+1}-C]}{1+r}\right\}$$

( 28 )

onde

$V[P,Q]$  = o valor da floresta em pé, a qual depende do preço e do volume da

madeira

$t$  = tempo

$j$  = idade da madeira em pé no período

$P_{t,i}$  = preço  $i$  realizado no tempo  $t$

$Q_{t,j}$  = volume no período  $t$  para a floresta com idade  $j$

$V[P_{t,i}, Q_{t,0}]$  = valor da terra no período  $t$  para o preço  $i$ , ou o valor esperado da terra, modelo de Faustmann conhecido como VET (Valor Esperado da Terra)

$V[P_{t+1,i}, Q_{t+1,j+1}]$  = valor da floresta no próximo período

$C$  = custo de gerenciamento por período

$r$  = taxa de desconto

#### 3.2.4.2 Abandono

É formalmente uma opção de venda americana, aplicada principalmente a investimentos parcialmente irreversíveis, onde há a possibilidade de vender as instalações, maquinário, entre outros. Esta opção permite que o investidor pare um projeto em andamento, deixando de incorrer custo devido à baixa do preço e recebendo o valor de abandono ou salvamento. Segundo COPELAND e ANTIKAROV (2002, p. 128) esta opção é muito importante quando se trata de projetos de pesquisa e desenvolvimento, da extração e desenvolvimento de recursos naturais, de desenvolvimento de novos produtos e programas de fusões e aquisição.

TRIGEORGIS<sup>21</sup> citado por DUKU-KAAKYIRE e NANANG (2003, p. 4) considera a opção de abandono como a mais importante para investimento de longo prazo. No mesmo trabalho, eles modelam como o valor máximo entre o valor atual do projeto no período da decisão e o melhor valor do uso alternativo, valor de salvamento, considerando zero caso não tenha nenhum uso alternativo. CUNHA (2003, p. 45) em

---

<sup>21</sup> TRIGEORGIS, L. **Real options:** Managerial flexibility and strategy on resource allocation. Cambridge, MA: MIT Press 1999.



sua dissertação aplicada a florestas de eucaliptos em Portugal, considera atividades como turismo e caça como uma alternativa para o valor de salvamento, pois estas atividades segundo ele tem aumentado a demanda de floresta e é uma forma de não perder muito o investimento inicial.

#### 3.2.4.3 Outros tipos

Expansão é uma opção de compra americana, que permite ao investidor a possibilidade de aumentar a produção a partir de investimentos adicionais. Também foi aplicado por DUKU-KAAYIRE e NANANG (2003) onde ao invés de um hectare, a firma regenera um hectare adicional. Assim, o investidor tem a flexibilidade de manter a mesma escala de produção, sem custo extra, ou dobra a escala e dobra as receitas do valor do projeto pagando um custo adicional.

Arco-íris é uma opção que tem múltiplas fontes de incerteza. Os trabalhos de MORCK, SCHWARTZ e STANGELAND (1989) e ROCHA et al (2000) que possuem modelagem parecida, são exemplos que trabalham com duas incertezas, a incerteza econômica quanto ao preço da madeira e a incerteza técnica quanto à taxa de crescimento do estoque (volume da madeira).

Os demais tipos de opções não foram aplicados a projetos florestais:

- opção de contração que é a redução da dimensão do projeto;
- opção de conversão que permite a proprietário iniciar e encerrar as operações, mudar de um modo de operação para outro ou entrar e sair de um ramo de atividade; e
- opção composta sequencial que é utilizada em projetos que possuem investimentos em fases.

#### 4 CONSTRUÇÃO DO MODELO

O modelo tem por objetivo agregar ao valor do projeto, obtido através do fluxo de caixa sem flexibilidade, à opção de abandonar o projeto com a venda da madeira por um preço mínimo estipulado pelo contrato.

A opção de abandono é considerada uma opção de venda americana, ou seja, pode ser exercida a qualquer momento. Como a floresta não tem grande valor comercial antes do oitavo ano, considera-se que o produtor tenha a partir deste a possibilidade de tomar as decisões, que são referentes a venda da floresta, pelo preço estipulado no contrato e, por conseguinte, receber um aluguel pelo uso da terra até o ano 20.

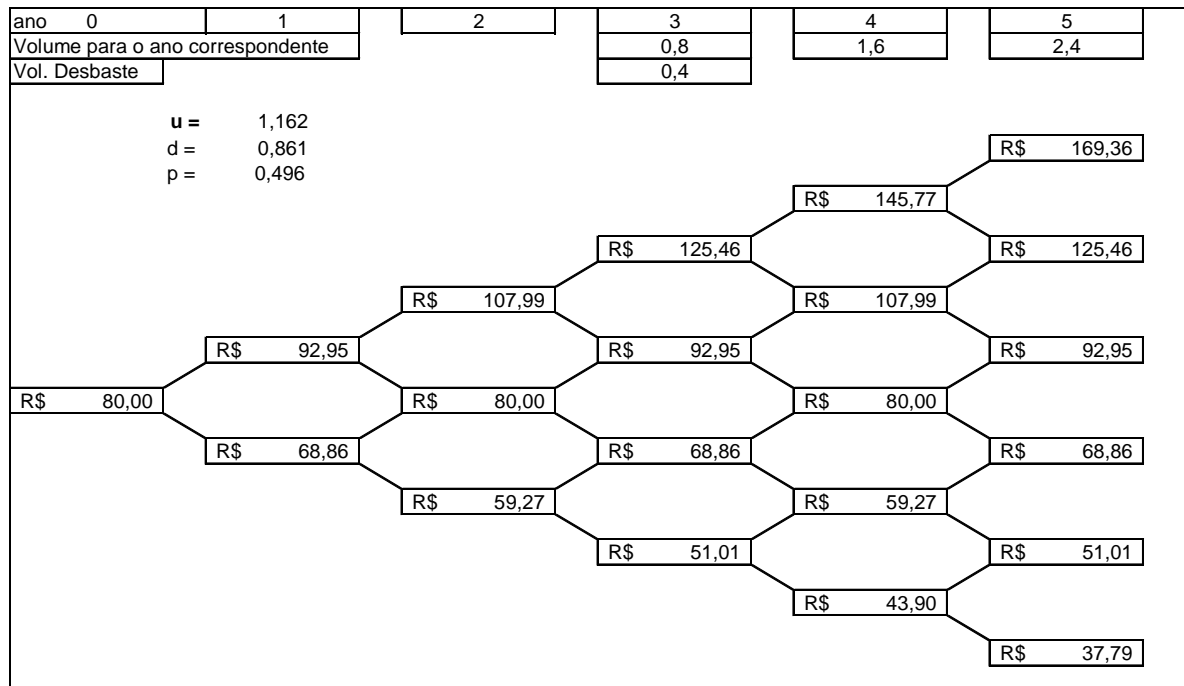
O contrato de "Parceria com empresas de reflorestamento da região com preço mínimo", ao contrário dos outros contratos onde o investimento e os custos de manutenção é de responsabilidade da empresa, o produtor é o responsável pelos custos, que representam o prêmio pago pela opção. O produtor assume os riscos de ordem técnica inerentes a floresta, como pragas e incêndio e a empresa assume os de ordem econômica, referentes ao preço da madeira.

O modelo foi desenvolvido nas planilhas do software Excel por ser de fácil acesso e para melhor apresentação serão apresentados os procedimentos referentes a um produto com cinco períodos. Para isto foi considerado o laminado com preço inicial ou preço atual de mercado de R\$ 80,00/m<sup>3</sup>, com uma taxa de tendência de crescimento ( $\mu = 0,01$  ao ano) e com desvio padrão ( $\sigma = 0,15$  ao ano). Para construir a árvore de evolução do preço é necessário encontrar os parâmetros de subida e descida do preço e a probabilidade, para isto aplicam-se as fórmulas ( 25 ), ( 26 ) e ( 27 ).

O preço mínimo para o exemplo é de R\$ 80,00/m<sup>3</sup> e o aluguel é de R\$ 55,00/ha ao ano, sendo ambos considerados constantes e poderão ser corrigidos pelo IGP-M/FGV, mas poderiam ter uma taxa de crescimento anual, desde que sejam estipulados no contrato. O volume de madeira disponível ano a ano e o volume

desbastado, para o exemplo que possui apenas 5 períodos, foram atribuídos. Na Figura 16 verificam-se estes dados.

FIGURA 16 - ÁRVORE DE EVOLUÇÃO DO PREÇO DO LAMINADO

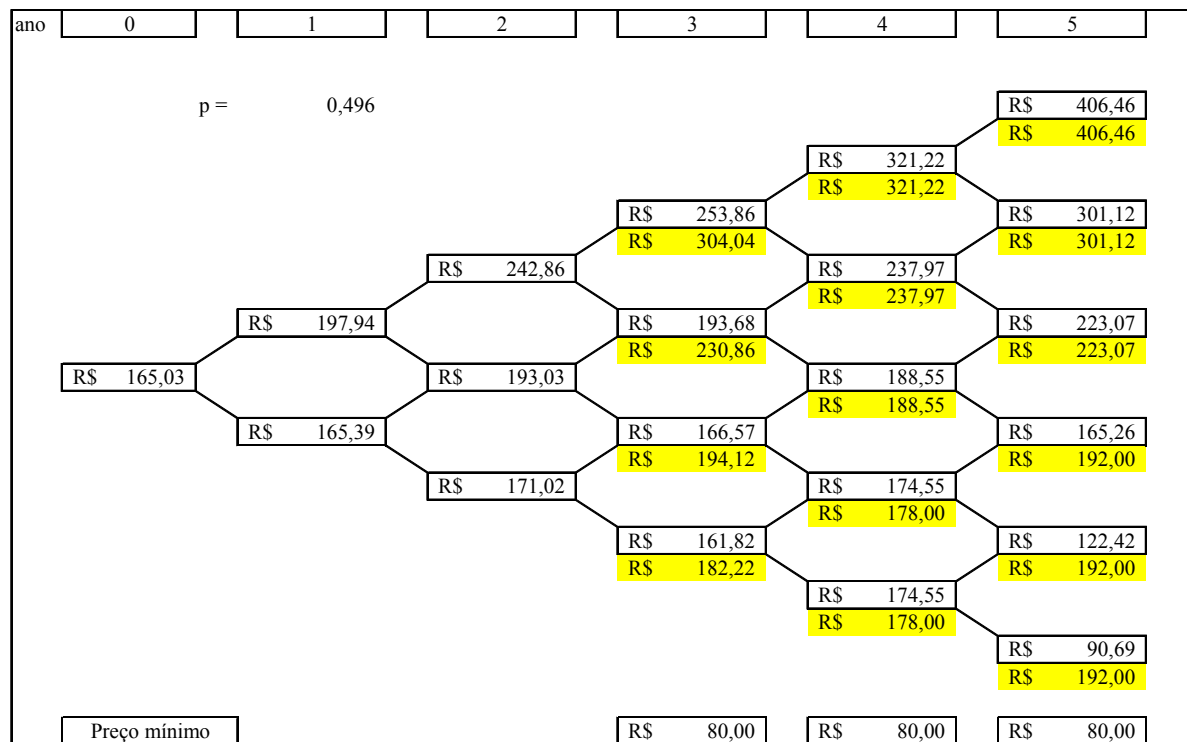


O modelo é uma árvore de decisão, onde a cada nó, que é enumerado de cima para baixo ( $t=1, \dots, j+1$ , onde  $j$  representa o ano que se localiza o nó), deve ser feita uma escolha. Como na formulação "backward" da programação dinâmica, inicia-se de trás para frente e existem três tipos de decisões.

Para o nó 6 do ano 5, calcula-se o valor da floresta que é a venda da madeira para o laminado, multiplicando o volume correspondente ao ano, pelo nó 6 da árvore de evolução do preço do laminado e o valor (de R\$ 90,69) é colocado na parte de cima do nó (Figura 17). Na parte de baixo, aplica-se o valor da opção que é o valor da primeira decisão (escolha do maior valor entre o valor da floresta ou a venda pelo preço mínimo). Para o nó avaliado, o valor da opção é de R\$ 192,00 que foi obtido com a venda da madeira pelo preço mínimo. O mesmo critério de decisão é feito em todos os nós anteriores deste ano. Para calcular o valor da floresta para os demais anos,

aplica-se a fórmula ( 20 ) onde  $f_u$  e  $f_d$  são os valores das opções dos nós ascendente e descendente, respectivamente.

FIGURA 17 - ÁRVORE DO VALOR DA FLORESTA DESTINANDO A MADEIRA PARA O LAMINADO



A decisão para o ano 4, que não possui desbaste, consiste em escolher o maior valor entre o valor da floresta ou a venda da madeira pelo preço mínimo mais o aluguel da terra por um ano. Para o ano 3, que possui desbaste, deve-se observar se é melhor desbastar e dar seqüência ao projeto ou vender pelo preço mínimo e receber dois anos de aluguel. Para os anos 0, 1 e 2, como não há decisão, é apenas calculado o valor da floresta.

Para o trabalho, a idéia é a mesma do exemplo apresentado, porém a madeira é destinada a multiprodutos (4 produtos). Cada produto terá duas árvores: uma de evolução do preço e a outra do valor da floresta destinando a árvore para determinado produto. Para facilitar a exposição criou-se uma árvore onde serão calculadas as decisões, contendo dois valores em cada nó, sendo o valor de cima o valor da floresta e

o valor de baixo da decisão que será representado por (0) para manter o projeto e por (1) pela venda antecipada, e criou-se também uma árvore para calcular o valor do aluguel.

Para os 3 tipos de decisões, a formulação será:

- no ano do corte raso que é o fim do projeto, a decisão consiste em escolher o máximo entre vender pelo preço de mercado ou pelo preço mínimo estipulado no contrato para este ano. Em ( 29 ) tem-se a seguinte decisão;

$$\max_{1 \leq t \leq T+1} \left\{ \sum_{k=1}^4 PMer_{kt} Vol_k ; \sum_{k=1}^4 PMin_k Vol_k \right\} \quad (29)$$

onde:

$k$  é o produto da madeira (1 para laminado, 2 para serraria, 3 celulose e 4 para outros usos);

$t$  representa o nó que está sendo avaliado;

$T$  é o ano final do projeto;

$PMer_{kt}$  é o preço de mercado do produto  $k$  no nó  $t$  ;

$PMin_k$  é o preço mínimo estipulado no contrato para o produto  $k$ ; e

$Vol_k$  é o volume do produto  $k$ .

- para os anos que possuem desbaste, onde a decisão é escolher entre realizar o desbaste e manter a floresta ou vender a floresta pelo preço mínimo e receber um valor pelo aluguel da terra até a data de expiração do projeto, em ( 30 ) tem-se a decisão;

$$\max_{\substack{1 \leq t \leq j+1 \\ j=des}} \left\{ \left( \sum_{k=1}^4 vf_{kt} \right) + vac_t + \sum_{k=1}^4 PMer_{kt} Vold_k ; \left( \sum_{k=1}^4 PMin_k Vol_k \right) + \left( \sum_{l=1}^{N-j} \frac{alu}{(1+i)^l} \right) \right\} \quad (30)$$

onde:

$j$  é o ano;

$vf_{kt}$  é o valor da floresta para o produto  $k$  no nó  $t$ ;

$vac_t$  é o valor do aluguel corrigido, obtido da árvore de aluguel no nó  $t$ ;

$Vol_d_k$  é o volume desbastado do produto  $k$ ;

$alu$  é o valor do aluguel; e

$des$  são os anos que possuem desbaste.

- para os demais períodos compreendidos entre os anos 8 e 20, a decisão é verificar se o valor da floresta é maior que a venda pelo preço mínimo mais os aluguéis recebidos até o fim do projeto, em ( 31 ) tem-se a decisão.

$$\max_{\substack{1 \leq t \leq j+1 \\ j \neq des}} \left\{ \left( \sum_{k=1}^4 vf_{kt} \right) + vac_t ; \left( \sum_{k=1}^4 PMin_k Vol_k \right) + \left( \sum_{l=1}^{N-j} \frac{alu}{(1+i)^l} \right) \right\}$$

( 31 )

A Figura 18 apresenta a árvore de decisão para o mesmo exemplo, que possui apenas um produto obtido da madeira, nela é que se encontra o valor do projeto com a opção.

FIGURA 18 - ÁRVORE DE DECISÃO

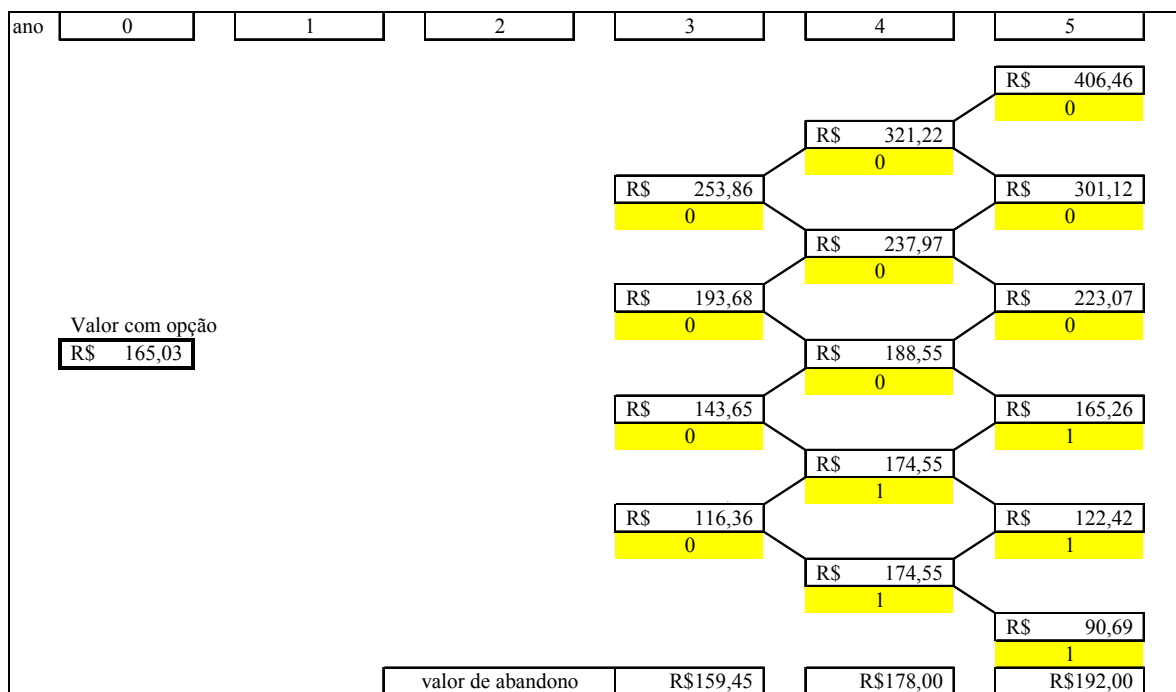
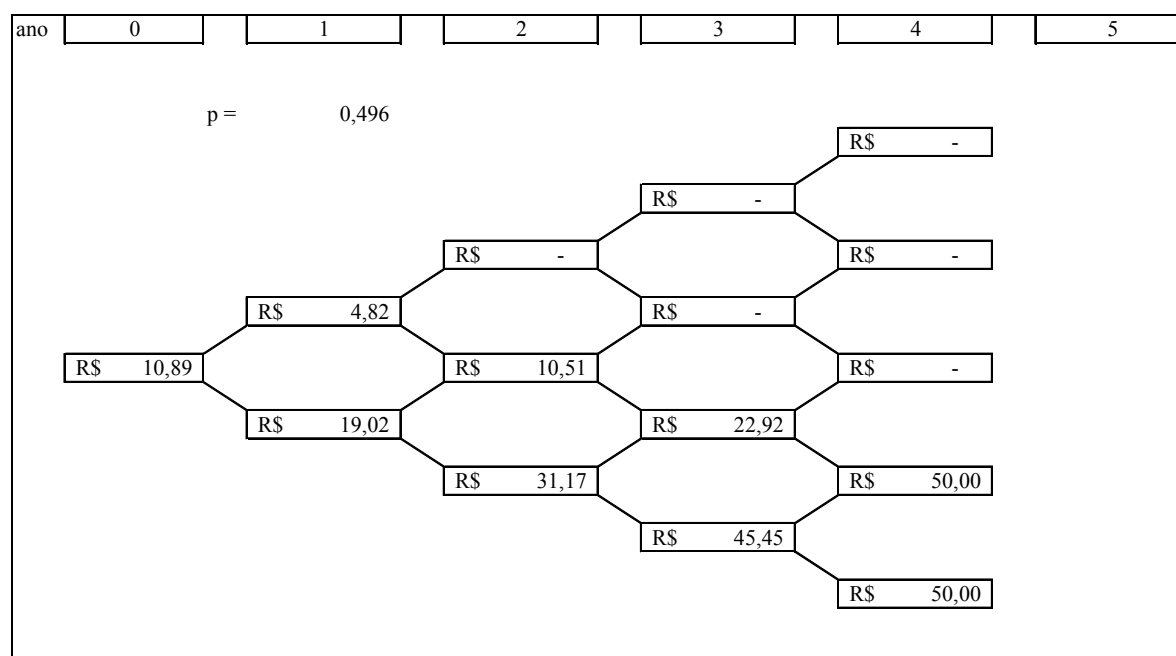


FIGURA 19 - ÁRVORE DO CÁLCULO DO ALUGUEL



Na Figura 19 é apresentado o valor do aluguel, que é calculado quando a

decisão é pela venda imediata, calcula-se o valor presente das  $n$  parcelas do aluguel, sendo  $n$  o número de anos até a expiração do contrato, e o resultado é o valor da opção no nó correspondente ao ano. Para calcular o valor do ano anterior, caso a decisão seja manter o contrato na árvore do aluguel, aplica-se a fórmula ( 20 ) como aplicado anteriormente, sendo o parâmetro  $p$  calculado como a média dos parâmetros  $p_i$  (probabilidade  $p$  do produto  $i$ ).

#### 4.1 DADOS DE ENTRADA

##### 4.1.1 Preço

O preço é uma incerteza econômica, possui alta volatilidade e interfere diretamente na viabilidade do projeto. No caso de um projeto de reflorestamento pode-se adiar o investimento, desistir do projeto, ou abandonar o mesmo durante a execução. Caso haja uma queda significativa no preço, o produtor tem a flexibilidade de optar pela venda da floresta por um preço mínimo, conforme o estipulado no contrato de parceria.

Segundo HILEY<sup>22</sup>, apud GOMES (1999, p. 22) o preço da madeira pode ser afetado pelos seguintes fatores:

- distância da indústria;
- quantidade de madeira disponível;
- quantia de madeira comercializada em um período de tempo; e
- condições de acesso.

Devido a esses fatores, para efeito de aplicação do modelo, padronizaram-se os preços. Na Tabela 7 apresenta-se os produtos obtidos da madeira com sua classe de

---

<sup>22</sup> HILEY, W. E. **Economics of plantations**. London, Faber and Faber, 1967. 2. ed.



sortimento e com os preços considerados.

TABELA 7 - PRODUTOS, SUAS ESPECIFICAÇÕES E PREÇO DE ACORDO COM CADA USO DA MADEIRA

PRODUTOS	DIMENSÃO <sup>1</sup>			PREÇOS DE VENDA <sup>2</sup> (R\$/m³)
	Diâmetro de uso		Comprimento (m)	
	Mínimo (cm)	Máximo (cm)		
madeira para outros usos	< 12			20,00
madeira para celulose	12,0	19,9	1,0	40,00
madeira para serraria	20,0	29,9	2,5	60,00
madeira para laminação	> 29,9		2,5	80,00

<sup>1</sup> Para a dimensão foi utilizado os dados fornecidos pelo programa Sispinus, sendo possível alterar.

<sup>2</sup> Os preços foram estimados em fevereiro de 2004.

O preço mínimo estipulado no contrato é de comum acordo entre as partes interessadas: produtor e empresa parceira. No trabalho é considerado o valor de mercado (Tabela 7) corrigido pelo IGP-M/FGV, permitindo o uso de taxas diferentes de crescimento anual.

Serão simuladas três situações para a taxa de crescimento do preço:

- todos os produtos têm a mesma tendência de crescimento, de 1% ao ano;
- numa análise mais otimista, o preço do laminado tem uma taxa de crescimento ao ano maior que os outros produtos, 1,5% para o laminado e 1% para os demais; e,
- para uma análise pessimista, tendo em vista que o laminado vem aos poucos sendo substituído por colagem de madeira picada para processo, situação contrária a anterior, onde apenas o laminado cai para 0,5%.

A volatilidade será obtida utilizando dados históricos do preço da madeira para serraria e para celulose, visualizadas na Tabela 8. Para a laminação e outros usos não foram encontrados dados representados ano a ano, sendo estimados como a diferença da volatilidade entre serraria e celulose, acrescido no valor da serraria, no caso do laminado, e subtraído da celulose para os outros usos.

O procedimento para a serraria e para a celulose, é encontrar a média e a variância do logaritmo do preço relativo que é obtido pela fórmula ( 17 ).

TABELA 8 – SÉRIE HISTÓRICA DO PREÇO MÉDIO DA MADEIRA PARA CELULOSE E PARA SERRARIA - 1997-2001

ANO	CELULOSE (R\$)	SERRARIA (R\$)
1997	9,00	34,27
1998	9,26	34,64
1999	9,46	33,16
2000	10,82	35,14
2001	12,49	43,24

FONTE: INSTITUTO CEPA/SC (2002, p. 146)

Obtêm-se para celulose um desvio de 0,07 e para a serraria de 0,11. Estes desvios são pequenos, comparados a março de 2003 ao mesmo período de 2004 quando houve um crescimento de 37,5% para a madeira de pinus para serraria e de 46,1% para celulose (Instituto CEPA/SC, 2004). Por isto será mostrada uma situação onde os desvio de todos o produtos serão iguais a 0,20 e será feita uma análise de sensibilidade em relação a este parâmetro.

#### 4.1.2 Custos

Os custos são referentes à exploração de 1 hectare de pinus, onde têm-se aqueles referentes à implantação (investimento inicial) e à manutenção (custos operacionais).

##### 4.1.2.1 Investimento inicial

Segundo dados do BRDE (2003, p. 40), o custo de implantação de uma floresta de pinus é de R\$ 1.000,00. Para o presente estudo foi atribuído um investimento inicial de R\$ 935,06, provenientes dos custos apresentados na Tabela 9,

onde considerou-se 1667 mudas.

TABELA 9 - CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DA FLORESTA DE PINUS – 2003

DESCRIÇÃO	COEFICIENTE	UNIDADE
preço de 1000 mudas	150,00	R\$/1000
roçada	300,00	R\$/ha
coroamento e plantio	220,00	R\$/ha
combate formigas	10,00	R\$/ha
replantio	70,00	R\$/ha
custos diversos	10,0	% das despesas

FONTE: SOUZA E KREUZ (2003)

NOTA: Dados da Região dos Campos de Palmas – 2003

Segundo SOUZA E KREUZ (2003), o valor da terra não é incluído, pois não representa efetivamente desembolso, e mesmo tendo valor de mercado, o produtor rural não considera a possibilidade de vendê-la. Eles ressaltam que se a terra for devidamente manejada, o valor dela não se deprecia e, se o seu valor fosse considerado como investimento, ao final do projeto a terra estaria disponível e apresentaria valor, na pior das hipóteses, equivalente ao que apresentava no início.

#### 4.1.2.2 Custos operacionais

Estes custos são referentes aos 7 primeiros anos, onde há uma preocupação com pragas, como as formigas. Há custo de desrama<sup>23</sup>, que vem a valorizar a madeira, e custo da roçada. A Tabela 10 mostra os anos de manutenção, o que é realizado e o custo.

---

<sup>23</sup> Desrama é o controle do crescimento dos galhos, para eliminar o nó

TABELA 10 - CUSTO DE MANUTENÇÃO DA FLORESTA DE PINUS – 2003

ANO	DESCRIÇÃO	CUSTO (R\$)
1	Coroamento das mudas acrescido do custo do combate às formigas e eventual replantio	150,00
2	Roçada acrescida do custo do combate às formigas	100,00
3	Roçada acrescida do custo do combate às formigas e do custo da desrama	245,00
4	Custo da desrama	145,00
7	Custo da desrama	185,00

FONTE: SOUZA E KREUZ (2003)

NOTA: Dados da Região dos Campos de Palmas - 2003

Nota-se que os anos não especificados na Tabela anterior correspondem aos anos em que os custos de manutenção são inexpressivos e calculando o valor presente dos custos, obtém-se R\$ 597,05. Segundo o BRDE (2003, p. 40), o custo total de manutenção para a região Sul é R\$ 900,00. Porém este valor não é o valor presente, é apenas a soma dos valores para efeito de comparação, o custo somado é de R\$ 825,00.

#### 4.1.3 Aluguel

O aluguel ou arrendamento é calculado da mesma forma que foi estipulado em um dos contratos, arranjo "arrendamento fixo". Este valor tem girado em torno de R\$ 140,00 ao ano e é corrigido pelo IGP-M/FGV.

#### 4.1.4 Taxa de desconto

Segundo CABRAL<sup>24</sup> citado por GOMES (1999, p. 24), a taxa de desconto de

---

<sup>24</sup> CABRAL, F. C. P. **Desenvolvimento de um sistema computacional para simular e comparar economicamente alternativas de manejo de plantações florestais**. Viçosa - MG, 1990. 108 f. Dissertação de Mestrado. UFV

8% ao ano é a mais utilizada para descontar investimentos florestais no Brasil.

De acordo com SAWINSKI JR. (2000, p.13), a taxa de 9% ao ano é utilizada pelo Banco Mundial para o financiamento de projetos florestais.

A taxa de desconto para o presente trabalho é a melhor taxa de investimento, com o menor risco possível para aplicação financeira (TMA) e compatível com o produtor rural, considerada de 10% ao ano estimando os rendimentos da poupança na Tabela 11.

TABELA 11 - RENDIMENTOS DA POUPANÇA NO PRIMEIRO DIA ÚTIL DO MÊS - 2003-2004

MÊS	RENDIMENTO DA POUPANÇA (%)
mar/03	0,88
abr/03	0,92
mai/03	0,92
jun/03	0,92
jul/03	1,04
ago/03	0,91
set/03	0,84
out/03	0,82
nov/03	0,68
dez/03	0,69
jan/04	0,63
fev/04	0,55

FONTE: FGV, IBGE, BACEN E SINDUSCOM.

NOTA: Dados extraídos do Instituto CEPA/SC (2004)

#### 4.1.5 Volume

Para estimar o volume e sortimento da madeira foi utilizado um Simulador de Crescimento e Produção de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, conhecido como Sispinus que foi desenvolvido por OLIVEIRA<sup>25</sup>, que permite alterar:

---

<sup>25</sup> OLIVEIRA, E. B. Um sistema computadorizados de prognose do crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para avaliação técnica e econômica de

- a quantidade e a intensidade dos desbastes, com a possibilidade de escolher entre seletivo, sistemático ou ambos;
- a quantidade de mudas;
- o índice de sítio<sup>26</sup>;
- a taxa de mortalidade; e
- as funções relativas ao volume e ao sortimento (que não foram alterados).

ACERBI Jr.<sup>27</sup>, citado por GOMES (1999, p. 20), simula regimes para uso múltiplo com 2 desbastes e corte raso em torno de 21 anos, verificou que em sítio menos produtivo, destacam espaçamentos mais amplos como 3m x 2m.

SCOLFORO<sup>28</sup>, citado por GOMES (1999, p. 15), afirma que o regime mais comum nas empresas florestais é caracterizado pela realização de 2 a 3 desbastes periódicos, regime este denominado "*Utility*", que possibilita a obtenção de toras nas mais variadas bitolas, o que permite a produção de madeira para usos diversos.

Para o problema modelado foi simulada a plantação de 1667 árvores em um hectare, o equivalente a um espaçamento de 3m x 2m com índice de sítio 21.0, pouco produtivo e taxa de mortalidade de 5%. RODIGHIERI (2000, p. 7) ressalta que nesse espaçamento há possibilidade de plantar culturas anuais como arroz, feijão, mandioca, milho, soja, entre outros, no primeiro e segundo ano.

Para melhor aproveitamento da floresta, visa-se a obtenção de vários produtos, submetendo a floresta ao seguinte trato silvicultural considerando três

---

**regimes de manejo.** Curitiba – PR, 1995. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, UFPR.

<sup>26</sup> Índice de sítio é a altura dominante na idade índice de 15 anos.

<sup>27</sup> ACERBI JR. F. W. **Definição de regimes de desbaste e poda economicamente ótimos para *Pinus taeda*.** Lavras - MG, 1998. 135 f. Dissertação de Mestrado. UFLA

<sup>28</sup> SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal.** Lavras - MG, 1997. 438 f. UFLA/FAEPE

desbastes: o primeiro sistemático, com intensidade de 20% (retirando uma linha a cada cinco linhas), seguido de um seletivo deixando 800 árvores remanescentes. Os seguintes seletivos, deixando 600 e 400 árvores remanescentes, respectivamente.

As épocas para realização dos desbastes são as mesmas propostas por RODIGHERI (2000, p. 9) inicialmente de 8 e 12 anos, destinando a madeira para serraria, celulose e energia; na sequência de 16 anos, visando a laminação como mais um produto da madeira.

A estrutura de entrada de dados do Sispinus, bem como suas saídas, encontram-se no Apêndice A.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo é realizado um estudo econômico dos contratos. Os arranjos "floresta empresarial", "arrendamento fixo", "arrendamento com porcentagem" e "parceria com empresas de reflorestamento da região" são avaliados pela análise multi-índice, e o contrato proposto "Parceria com empresas de reflorestamento da região com preço mínimo" pela teoria das opções reais, formulado no capítulo 4.

### 5.1 ANÁLISE DOS DEMAIS CONTRATOS USANDO MÉTODO MULTI-ÍNDICE

Os fluxos de caixa do produtor e da empresa para os contratos de arranjo "florestas empresarial", "arrendamento fixo", "arrendamento com porcentagem" e "parceria com empresas de reflorestamento da região", encontram-se no Anexo , considerando que todos os preço dos produtos tenham uma taxa de crescimento de 1% ano.

Na Tabela 12 são apresentados os indicadores de retorno e de risco dos contratos já existentes.

TABELA 12 - INDICADORES DE VIABILIDADE DOS ARRANJOS CONTRATUAIS

			Floresta Empresarial	Parceria	Arrendamento fixo	Arrendamento c/ %
INDICADORES	Retorno	VP investimentos (R\$)	1532,11	48,49	0,00	0,00
		VP benefícios (R\$)	6264,22	1566,06	1331,93	1208,43
		Valor Presente Líquido (R\$) <sup>1</sup>	4732,11	1517,56	1331,93	1208,43
		Valor Presente Líquido Anualizado (R\$) <sup>2</sup>	555,83	178,25	156,45	141,94
		Índice Benefício/Custo (R\$) <sup>1</sup>	6,06	2,62	2,42	2,29
		Retorno adicional decorrente do investimento (%) <sup>2</sup>	9,43	4,94	4,53	4,24
	Risco	Taxa interna de retorno (%)	20,88	87,76	*	*
		TMA/TIR <sup>3</sup>	0,48	0,11		
		Pay-back (ano)	12	8	0	0
		Pay-back/duração do projeto <sup>3</sup>	0,60	0,40	0,00	0,00

\* Não apresenta risco em relação ao uso alternativo do capital, pois não há investimento

<sup>1</sup> Valor em 20 anos

<sup>2</sup> Valor ao ano

<sup>3</sup> Intervalo de [0,1] para variação do risco onde 1 é risco absoluto



De acordo com a Tabela 12, verifica-se que o arranjo "floresta empresarial" é o que apresenta o maior retorno, com um VPL igual a R\$ 4.732,22. Este valor significa que o produtor recupera o investimento e o que teria sido ganho se tivesse aplicado na poupança a uma taxa de 10% ao ano. Este indicador sugere que o projeto florestal, independente do contrato, é melhor do que aplicar no mercado financeiro.

O VPLa possui a mesma interpretação do VPL, porém os ganhos são distribuídos anualmente. Comparando a "floresta empresarial" com os demais projetos verifica-se que o ganho é pelo menos 3 vezes maior. Deve-se ressaltar que neste tipo de arranjo, o produtor, além dos riscos inerentes a economia, assume também os riscos inerentes à atividade florestal.

Para o cálculo do IBC, como apenas o primeiro arranjo tem investimento, considerou-se para efeito de comparação que o produtor aplicasse o valor do investimento de R\$ 935,06 na poupança.

O IBC igual a R\$ 6,06 representa a expectativa de retorno para cada R\$ 1,00 investido hoje no projeto além da TMA, e pode ser interpretado como uma rentabilidade de 506% para um horizonte de 20 anos.

O Retorno adicional decorrente do investimento está estimado em 9,43% ao ano além do que se teria obtido se o capital tivesse sido aplicado no mercado financeiro. Isto significa que é vantajoso assumir os riscos inerentes à atividade florestal por uma expectativa de rentabilidade real líquida (além da TMA) de 9,43% ao ano. Pode-se observar que, no pior caso (arrendamento com porcentagem) a expectativa de retorno anual está acima de 42% da remuneração média do mercado financeiro.

A TIR para os arranjos "floresta empresarial" e "parceria com empresas de reflorestamento da região", que foram possíveis de serem calculados, encontram-se longe da TMA. Isto é verificado dividindo-se a TMA pela TIR, o mais próximo de 1 é o "floresta empresarial", e mesmo assim o índice de risco se encontra abaixo da metade do intervalo entre 0 e 1 (índice de risco igual 0,48). Isto significa que o projeto

florestal para ambos os arranjos apresenta baixo risco financeiro. Com relação aos outros arranjos a TIR não é definida, pois não há um investimento, por consequência, não apresentam riscos em relação ao uso alternativo do capital. Por este motivo o Pay-back de ambos são iguais a zero.

Em relação ao Pay-back verifica-se que investir sozinho apresenta o maior risco, isto é, leva-se mais tempo para recuperar o capital investido (12 anos) e o índice de risco de recuperação igual 0,6 (onde 1 significa risco absoluto e 0 significa ausência deste tipo de risco).

Observou-se que todos os arranjos são viáveis, e que caso o produtor tenha capital para investir sozinho terá uma rentabilidade significativamente melhor.

## 5.2 ANÁLISE DO CONTRATO COM PREÇO MÍNIMO USANDO A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

O modelo exposto no capítulo 4 é aplicado no contrato de "Parceria com empresas de reflorestamento da região com preço mínimo", onde os resultados apresentados para cada situação é comparado com o melhor arranjo ("floresta empresarial") que obteve maior retorno, projeto este que se assemelha muito com o proposto, pois os investimentos e os riscos inerentes à atividade florestal são assumidos pelo produtor. Porém o contrato proposto apresenta menos risco que o arranjo "floresta empresarial", principalmente pelo fato que a madeira pode ser vendida por um preço mínimo, estipulado em contrato, a partir do ano 8.

O resumo dos valores obtidos se encontram na Tabela 13, onde o VPL com opção é obtido junto ao modelo de opções reais, e calcula-se também o valor sem o aluguel e o VPL considerando os movimentos de preço de cada situação.

No Apêndice B é apresentada a evolução dos preços e o valor almejado com a venda da madeira para o laminado, a serraria, a celulose e outros usos, bem como a árvore de decisão e o valor esperado com o aluguel da terra, apenas para situação A.

TABELA 13 - RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS

SITUAÇÃO	VPL COM OPÇÃO (R\$)	VPL COM OPÇÃO SEM ALUGUEL (R\$)	VPL SEM OPÇÃO (R\$)
A	5.205,95	5.187,52	4.732,11
B	5.360,75	5.341,57	4.902,87
C	5.069,96	5.050,91	4.576,67
D	5.859,73	5.812,52	4.732,11

### 5.2.1 Situação A

Nesta situação foi aplicado o mesmo parâmetro para a taxa de crescimento do preço da análise multi-índice. O VPL com a opção é de R\$ 5.205,95, e isto representa um aumento significativo de 10% no projeto "floresta empresarial". Desconsiderando o valor ganho com o aluguel tem-se R\$ 4.896,07.

### 5.2.2 Situação B

É uma análise mais otimista, onde espera-se que o preço do laminado tenha uma taxa de crescimento ao ano maior que os demais produtos: 1,5% para o laminado.

O VPL projeto é de R\$ 5.341,57, este valor foi maior que a situação anterior em 3%. Comparando o valor do projeto com o VPL sem a opção (R\$ 4.902,87) houve um ganho de 9,3%.

### 5.2.3 Situação C

Este arranjo consiste numa análise mais pessimista, tendo em vista que o laminado vem aos poucos sendo substituído por colagem de madeira picada para processo, situação contrária a anterior onde a taxa de crescimento é de 0,5% ao ano para o laminado e 1% para os demais produtos. O valor obtido foi maior que o arranjo "floresta empresarial" em 7,1%.

O VPL sem a opção, considerando estas taxas de crescimento, é de R\$ 4.576,67, sendo esta situação a que apresenta o melhor aumento no valor do projeto com opção de 10,8%.

#### 5.2.4 Situação D

Nesta hipótese é observada a influência da volatilidade do preço no valor do projeto. O VPL com a opção foi o maior valor encontrado para o projeto com opção de R\$ 5.859,73, um acréscimo de 23,8% ao valor do projeto de arranjo "floresta empresarial". Para análise, foi considerado um desvio de 20% para todos e uma taxa de crescimento igual a utilizada no modelo de multi-índice e na situação A.

A Figura 20 apresenta a influência da volatilidade no valor do projeto, que faz o valor do mesmo variar de R\$ 4.732,11 até R\$ 6.512,67.

FIGURA 20 -ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO VALOR DO PROJETO EM RELAÇÃO A VOLATILIDADE



Observa-se que o valor do projeto sem flexibilidade (R\$ 4.732,11) é obtido quando a volatilidade é igual a 0,1, isto significa que os preços são previstos

corretamente.

Fazendo uma regressão polinomial de ordem três, verifica-se que o modelo adotado, sendo a função apresentada em ( 32 ), está explicando 99,94%, o que é uma correlação quase perfeita.

$$vp = -0,0469\sigma^3 + 2,4467\sigma^2 + 30,056\sigma + 4657,4 \quad (32)$$

Calculando o ponto de inflexão da função (0,174), isto significa que a partir deste ponto a taxa de crescimento do valor do projeto vai diminuindo. Trabalhando com a função observa-se que o valor do projeto atinge valor máximo quando a volatilidade é de 0,401.

A partir da figura, conclui-se que quanto maior for a volatilidade ou a incerteza maior a variação da opção no valor do projeto, como apresenta na Tabela 5.

### 5.3 RESUMO DOS RESULTADOS

NA

Tabela 14 são apresentados os indicadores de retorno e de risco dos contratos apresentados no trabalho, inclusive do contrato de parceria com preço mínimo. Observa-se que o Pay-back não foi calculado, pois há possibilidade de se recuperar o investimento a partir do oitavo ano. Para os demais índices a interpretação é igual ao realizado no item 5.1.

TABELA 14 - RESULTADOS PELO MÉTODO MULTI-ÍNDICE

			Floresta Empresarial	Parceria	Arrendamento fixo	Arrendamento c/ %	Parceria com preço mínimo
INDICADORES	Retorno	VP investimentos (R\$)	1532,11	48,49	0,00	0,00	1532,11
		VP benefícios (R\$)	6264,22	1566,06	1331,93	1208,43	6738,05
		Valor Presente Líquido (R\$) <sup>1</sup>	4732,11	1517,56	1331,93	1208,43	5205,95
		Valor Presente Líquido Anualizado (R\$) <sup>2</sup>	555,83	178,25	156,45	141,94	611,49
		Índice Benefício/Custo (R\$) <sup>1</sup>	6,06	2,62	2,42	2,29	6,57
		Retorno adicional decorrente do investimento (%) <sup>2</sup>	9,43	4,94	4,53	4,24	9,87
	Risco	Taxa interna de retorno (%)	20,88	87,76	*	*	23,00
		TMA/TIR <sup>3</sup>	0,48	0,11			0,43
		Pay-back (ano)	12	8	0	0	**
		Pay-back/duração do projeto <sup>3</sup>	0.60	0.40	0.00	0.00	

\* Não apresenta risco em relação ao uso alternativo do capital, pois não há investimento

\*\* Como é possível vender por um preço mínimo a partir do oitavo ano, o Pay-back pode ser qualquer valor compreendido entre 8 e 12.

<sup>1</sup> Valor em 20 anos

<sup>2</sup> Valor ao ano

<sup>3</sup> Intervalo de [0,1] para variação do risco onde 1 é risco absoluto

## 6 CONCLUSÃO

No capítulo anterior em ambas abordagens mostrou-se que o cultivo de pinus apresenta expectativa de retorno superior ao mercado financeiro, possibilitando uma boa alternativa de renda para o produtor. Tendo em vista que pode ser cultivado em áreas impróprias às culturas rurais, a empresa interessada em reflorestamento deve estimular o produtor por meio de contratos que venham diminuir os riscos de ordem econômica e que garantam o suprimento futuro, sabendo que a falta de madeira já está se tornando uma realidade.

O projeto florestal requer pouco investimento, pouca mão-de-obra, quando comparados com outras culturas. É uma atividade de baixo risco econômico como visto pelo método multi-índice e com um bom retorno, propício para um investidor avesso ao risco, que depende da atividade para subsistência. As únicas ameaças que o produtor terá serão as inerentes à atividade florestal como pragas e incêndio, que podem ser evitados.

Com a análise da teoria das opções reais o projeto torna-se mais flexível, oportunizando ao produtor a venda da madeira por um preço mínimo a partir do ano 8 até o tempo final do projeto. Observou-se que a decisão é mais apropriada a partir do ano 16, onde a madeira admite uma maior utilidade.

Nota-se na situação A, onde foi aplicado o mesmo parâmetro para a taxa de crescimento do preço da análise multi-índice, que o valor do projeto ficou 10% acima do VPL do arranjo "floresta empresarial", tornando o projeto ainda mais atrativo. No caso da uma hipótese mais otimista, agregou-se ao projeto 3% em relação a anterior. Na opção C, onde considerou uma análise pessimista por apresentar uma taxa de crescimento menor para o preço do laminado, o valor obtido foi 7,1% acima do projeto de arranjo "floresta empresarial", atingindo mais de cinco mil reais. Na alternativa D, verificou-se como a incerteza com relação ao preço influencia no projeto, valorizando-o ainda mais.

Caso venha ocorrer a parceria sugerida entre produtor e empresa, aumentar-se-á a exportação, melhorando a participação do Brasil na comercialização de um dos principais produtos vendidos no mundo e auxiliando no desenvolvimento da economia, devido ao crescimento rápido da madeira de pinus principalmente quando comparado com os principais países produtores e da gama de produtos obtidos da floresta.

Deve-se ressaltar que não se deve mudar de culturas anuais de forma imediata, e sim de forma planejada, pois como a cultura do pinus tem rotação de vinte anos. O ideal é poder colher todo ano, para isto o cultivo é de forma gradual e realizada ano a ano. Sendo possível manter as culturas anuais, plantando entre o cultivo de pinus outras culturas nos dois primeiros anos, nos locais agricultáveis.

## 6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A avaliação permitiu que algumas conclusões fossem observadas nos projetos florestais:

- o projeto é uma alternativa viável de renda ao produtor;
- o contrato proposto diminui o risco ao produtor em relação a mudanças nos preços;
- o contrato proposto aumenta o valor do projeto, devido a flexibilidade; e
- auxilia no combate a falta de madeira, fornecendo suprimento à empresa.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

Várias linhas de trabalhos futuros podem estender os resultados obtidos nesta dissertação. A seguir, serão apresentadas as principais:

- trabalhar com outras opções como expansão, diferimento, entre outras;
- considerar a madeira com uma *commodity* e aplicar opção sobre futuros;
- fazer a análise de sensibilidade com relação ao desvio padrão do preço;



- trabalhar apenas com um produto da madeira, por exemplo, a celulose onde se encontram mais dados disponíveis, e pode ser feito um projeto mais realista;
- trabalhar com outra cultura, como o eucalipto;
- trabalhar com culturas anuais como arroz, feijão entre outros, com a flexibilidade de mudar de uso ou de cultura;
- trabalhar com fruticultura, considerando a mesma opção (a de venda antecipada);
- modelar em tempo contínuo, utilizando diferenças finitas para solução;
- trabalhar com incerteza técnica, como o volume; e
- calcular o valor do projeto inserindo flexibilidade de cultivar culturas anuais nos primeiros anos.

## 7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2003**: produtos de madeira sólida. 2003. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/port/03Dados/0306EstSet2003/0306Quadro.html>> Acessado em: 01 abr. 2004

BANCO NACIONAL DESENVOLVIMENTO SETORIAL. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 3, p. 637-654, 1973.

BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL. **Florestamento na região Sul do Brasil**: uma análise econômica, p. 1-51, set. 2003.

BRENNAN, M. J.; SCHWARZ, E. S. Evaluating natural resource investments. **The Journal of Bussiness**, Chicago, v. 58, n. 2, p. 135-157, Apr. 1985.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais**: Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimento. Tradução: Maria José Cyhlar. Rio de Janeiro: Campus, 2001. Tradução de: Real Options.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: A simplified approach. **Journal of Financial Economics**. n. 7, p. 229-263, Sep. 1979. Disponível em: <<http://www.in-the-money.com/artandpap/Option%20Pricing%20-%20A%20Simplified%20Approach.doc>> Acessado em: 06 jun. 2003

CUNHA, M. R. F. **The Investment in Eucalyptus: A Real Option Analysis**. Porto, 2003. 115 f. Dissertação (MSc in Finance), Universidade Católica Portuguesa (UTP).

DIAS, M. A. G. **Investimento sob incerteza em exploração e produção de petróleo**. Rio de Janeiro, 1996. 464 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC- RJ.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment Under Uncertainty**. Princeton, NJ: Princeton Press, 1994.

DUKU-KAAKYIRE, A.; NANANG, D. M. Application of real options theory to forestry investment analysis. **Forest Policy and Economics**, 2003. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/forpol](http://www.elsevier.com/locate/forpol)> Acessado em: 03 mar. 2003

EMBRAPA. **Indicadores Econômicos e Técnicos do Estado do Paraná e Santa Catarina** Disponível em <<http://www.cnpf.embrapa.br/>> Acessado em: 24 mar. 2004

FAUSTMANN, M. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Tradução: M. Gane (Ed.) e W. Linnard. **Journal of Forest Economics**. v. 1, p. 7-44. 1995. Original alemão.

GJOLBERG, O.; GUTTORMSEN, A. G. Real options in the forest: what if prices are mean-reverting? **Forest Policy and Economics**, Norway, v. 4, n.1, p. 13-20, May 2002.

GOMES, F. S. **A seleção de regimes de manejo mais rentáveis em *Pinus taeda* L. na produção de madeira para papel e celulose.** Curitiba, 1999. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrária, UFPR.

HAIGHT, R. G.; HOLMES, T. P. Stochastic price models and optimal tree cutting: results for loblolly pine. **Natural Resource Modeling**, v. 5, n. 4, p. 423-443, Fall 1991.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções.** 2. ed. res. e aum. Tradução: Bolsa de Mercadorias & Futuros e Cultura Editores Associados. São Paulo, 1996. Tradução de: Introduction to futures and options markets, 2nd edition.

INFORMATIVO STCP. Tecnologia da informação no suprimento da madeira. Curitiba: STCP Engenharia de Projetos, n. 7, 2003-2004. 30 p. Disponível em: <<http://www.stcp.com.br>> Acessado em: 24 mar. 2004

INSLEY, M. A real options approach to the valuation of a forestry investment. **Journal of Environment Economics and Management**, n. 44, p. 471-492, Jan. 2002.

INSTITUTO CEPA/SC - **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2001-2002.** Florianópolis/SC, 2002.

INSTITUTO CEPA/SC, 2004. Disponível em: <<http://icepa.com.br>> Acessado em: 30 abr. 2004.

LEITE, N. B. No Brasil, a floresta precisa crescer. **O papel**, abr. 2003. p. 67-69. Entrevista.

LIMA, L. B. Madeira reflorestada e exportação: caminhos para um setor em franco crescimento. **Agência Estado**. nov. 2003. Disponível em: <<http://aesetorial.com.br/construcao/artigos>> Acessado em: 24 mar. 2004

LOPES, E. P. **Opções Reais: A nova análise de investimento.** 2.ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2001.

MORCK, R.; SCHWARTZ, E.; STANGELAND, D. The valuation of forestry resources under stochastic prices and inventories. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Washington, v. 24, n. 4, p. 473-487, Dec. 1989.

NEVES, G. A.; MARTINS, C. A.; MIYASAVA, J.; MOURA, A. F. **Análise econômica-financeira da exploração de *Pinus resinífero* em pequenos módulos rurais.** Sorocaba-SP, 2001. 000f. Especialização (Especialização em Agribusiness) - Programa de estudos dos negócios do sistema agroindustrial, 48 f. Disponível em: <<http://www.ipef.br/serviços/teses/neves,ga.pdf>> Acessado em: abr. 2004

NOCE, R.; CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; SILVA, M. L. Desempenho do Brasil nas exportações de madeira serrada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n. 5, p. 695-700, 2003.

PLATINGA, A. J. The optimal timber rotation: An option value approach. **Forest Science**, v. 44, n. 2, p. 192-202, 1998.

PINDYCK, R. S. Uncertainty in the theory of renewable resource markets. **Review of Economic Studies**, p. 289-303, 1984.

REED, W. J.; CLARKE, H. R. Harvest decision and asset valuation for biological resources exhibiting size-dependent stochastic growth. **International Economic Review**, v. 31, n. 1, p. 147-169, Feb. 1990.

REED, W. J.; HAIGHT, R. G. Predicting the present value distribution of a forest plantation investment. **Forest Science**, v. 42, n. 3, p. 378-388, 1996.

ROCHA, K.; MOREIRA, A. R. B.; CARVALHO, L.; REIS, E. J. O valor de opção de concessão nas florestas nacionais da Amazônia. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Rio de Janeiro, n. 737, p. 29, jun. 2000. Discussão Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>> Acessado em: 07 ago. 2003.

RODIGHERI, H.R. **Florestas como alternativas de aumento de emprego e renda na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 13 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 42). Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/>> Acessado em: fev. 2004

SAWINSKI JÚNIOR, J. **Rentabilidade econômica comparativa entre pinus, eucalipto, erva-mate e as principais culturas agrícolas da microrregião de Canoinhas-SC**. Curitiba, 2000. 103 f. Dissertação ( Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, UFPR.

SCHARF, R. Falta madeira na terra do pau-brasil. **Revista Galileu**, p. 52-60, maio 2003.

SILVESTRINI, G. Dinheiro em Toras. **Revista Globo Rural**, n. 220, p. 46-51, fev. 2004.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SOUZA, A.; KREUZ, C. L.; CLEMENTE, A. Metodologia para análise de viabilidade do cultivo de pinus taeda: o caso da região dos campos de palmas. **Revista de Negócios**, Blumenau-SC. v. 7, n. 4, p. 51-64, out./dez. 2002.

SOUZA, A.; KREUZ, C. L. Análise de retorno de parcerias para investimentos em florestas de pinus como alternativa de aumento de renda rural: o caso da região dos Campos de Palmas. **VIII Congreso del Instituto Internacional del Costos**, Punta del Este, 2003.

VALVERDE, S. R.; REZENDE, J. L. P.; SILVA, M. L.; JACOVINE L. A. G. I; CARVALHO R. M. M. A. Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, maio/jun 2003.

THOMSON, T. A. Optimal forest rotation when stumpage prices follow a diffusion process. **Land Economics**, v. 68, n. 3, p. 329-342, Aug. 1992.

YIN, R.; NEWMAN, D. When to cut a stand of trees? **Natural Resource Modeling**, v. 10, n. 3, p. 251-261, Summer 1997.

## APÊNDICE A

### DADOS DE ENTRADA DO SISPINUS

#### RESUMO

```

<0> ESPECIE      . . . . . Pinus taeda

<1> INDICE DE SITIO (idade indice 15)      21.0

<2> NUMERO DE ARVORES PLANTADAS POR HA      1667

<3> SOBREVIVENCIA INICIAL (%)      . .      95

<4> OUTPUT      . . . . .      1
    nas idades : 20

<5> IDADE DO PRIMEIRO DESBASTE      . . .      8

<6> EQUACAO DE SITIO A SER USADA      taeda

<7> EQUACAO DE VOLUME

<8> DIMENSOES DE TORAS E SORTIMENTO
  
```

### TABELAS FORNECIDA PELO SISPINUS

T A B E L A D E P R O D U C A O ( Pinus taeda )

INDICE de SITIO (IDADE INDICE 15)		DENSIDADE (ARVORES/HA)		PORCENTAGEM de SOBREVIVENCIA		SOBREVIVENCIA INICIAL (ARVORES/HA)		
21.0		1667		95		1584		
IDADE anos	ALT DOM m	N/HA	DIAM MED cm	ALT MED m	AREA BASAL m2	VOLUME TOTAL m3 (c/c)	IMA	IPA
8	13.3	1578	16.0	11.6	31.6	172.0	21.5	21.5
O POVOAMENTO FOI DESBASTADO PELA REMOCAO DE 1 EM CADA 5 LINHAS, E ENTAO								
O POVOAMENTO FOI DESBASTADO PELA REMOCAO DE 462 ARVORES								
		801	17.8	12.2	20.0	113.6	REMOVIDO = 58.4	
12	18.2	797	22.7	16.3	32.2	244.8	25.3	32.8
O POVOAMENTO FOI DESBASTADO PELA REMOCAO DE 197 ARVORES								
		602	24.0	16.7	27.2	211.8	REMOVIDO = 33.0	
16	21.7	598	27.5	19.9	35.7	332.4	26.5	30.2
O POVOAMENTO FOI DESBASTADO PELA REMOCAO DE 198 ARVORES								
		401	29.3	20.5	27.1	259.6	REMOVIDO = 72.8	
20	24.6	399	32.3	23.2	32.7	355.4	26.0	23.9

Equacao de Sitio utilizada -----> taeda

TABELA DE FREQUENCIA PARA ARVORES REMOVIDAS NA IDADE 8

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME m3 (c/c)	VOLUME LAMINACAO	VOLUME SERRARIA	VOLUME CELULOSE	VOLUME RESTANTE
4.0 - 5.9	8	9.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
6.0 - 7.9	44	10.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8
8.0 - 9.9	104	10.5	3.1	0.0	0.0	0.0	3.1
10.0 - 11.9	172	10.8	7.9	0.0	0.0	0.0	7.9
12.0 - 13.9	154	10.9	9.8	0.0	0.0	2.3	7.5
14.0 - 15.9	106	10.9	9.0	0.0	0.0	5.1	3.8
16.0 - 17.9	86	11.3	10.2	0.0	0.0	6.9	3.3
18.0 - 19.9	61	11.8	9.5	0.0	0.0	8.0	1.5
20.0 - 21.9	35	12.3	7.0	0.0	0.0	6.2	0.8
22.0 - 23.9	10	13.0	2.6	0.0	1.2	1.3	0.2
TOTAIS	780		59.9	0.0	1.2	29.9	28.8

TABELA DE FREQUENCIA PARA ARVORES REMOVIDAS NA IDADE 12

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME m3 (c/c)	VOLUME LAMINACAO	VOLUME SERRARIA	VOLUME CELULOSE	VOLUME RESTANTE
12.8 - 13.9	4	14.6	0.4	0.0	0.0	0.1	0.3
14.0 - 15.9	48	15.3	5.7	0.0	0.0	3.1	2.6
16.0 - 17.9	78	15.7	12.1	0.0	0.0	8.7	3.5
18.0 - 19.9	26	13.7	4.8	0.0	0.0	4.0	0.7
20.0 - 21.9	18	13.9	4.2	0.0	0.0	3.5	0.7
22.0 - 23.9	12	14.0	3.2	0.0	1.3	1.5	0.3
24.0 - 25.9	6	14.1	2.0	0.0	0.8	1.1	0.1
26.0 - 27.9	3	14.3	1.0	0.0	0.7	0.3	0.1
28.0 - 29.9	1	14.6	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0
TOTAIS	196		33.6	0.0	3.0	22.4	8.3

TABELA DE FREQUENCIA PARA ARVORES REMOVIDAS NA IDADE 16

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME m3 (c/c)	VOLUME LAMINACAO	VOLUME SERRARIA	VOLUME CELULOSE	VOLUME RESTANTE
18.1 - 19.9	18	18.8	4.4	0.0	0.0	3.6	0.8
20.0 - 21.9	60	19.3	18.0	0.0	5.7	10.3	1.9
22.0 - 23.9	61	19.6	22.3	0.0	7.0	13.5	1.8
24.0 - 25.9	23	17.9	9.5	0.0	5.5	3.3	0.7
26.0 - 27.9	16	18.0	7.9	0.0	4.5	2.9	0.4
28.0 - 29.9	10	18.1	5.8	0.0	4.4	1.1	0.3
30.0 - 31.9	6	18.2	3.6	0.0	2.7	0.8	0.1
32.0 - 33.9	2	18.4	1.7	0.6	0.7	0.4	0.1
TOTAIS	196		73.1	0.6	30.5	35.9	6.2

TABELA DE FREQUENCIA PARA IDADE 20

DIAMETRO LIM.de CLASSE	N/Ha	ALT MED	VOLUME m3 (c/c)	VOLUME LAMINACAO	VOLUME SERRARIA	VOLUME CELULOSE	VOLUME RESTANTE
24.0 - 25.9	26	22.6	13.2	0.0	6.4	5.8	1.0
26.0 - 27.9	53	23.0	32.2	0.0	20.6	9.7	1.9
28.0 - 29.9	62	23.2	43.8	0.0	33.6	8.4	1.8
30.0 - 31.9	63	23.4	51.4	14.0	25.3	9.9	2.3
32.0 - 33.9	60	23.6	56.2	15.2	33.2	6.1	1.7
34.0 - 35.9	54	23.8	57.8	27.0	22.5	6.4	1.9
36.0 - 37.9	45	24.0	54.0	25.1	21.0	6.8	1.2
38.0 - 39.9	29	24.3	39.8	24.5	12.1	2.5	0.6
40.0 - 41.9	6	25.1	9.5	6.9	1.7	0.7	0.2
TOTAIS	398		357.8	112.7	176.6	56.1	12.5

## APÊNDICE B

### ANÁLISE DO CONTRATO PROPOSTO PELA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

#### Dados de entrada da Situação A

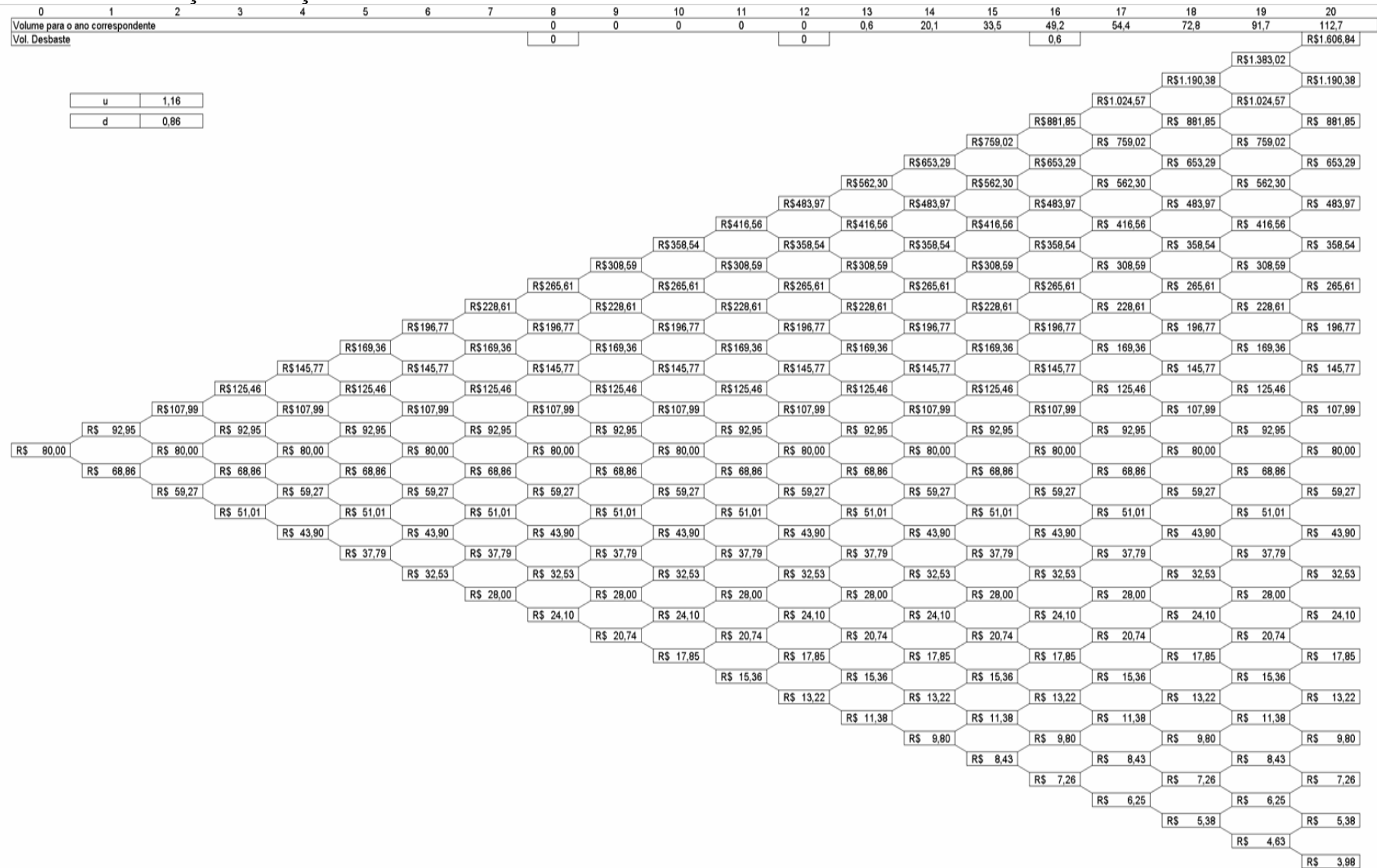
	LAMINADO	SERRARIA	CELULOSE	OUTROS USOS
$P_{Mer}$ (R\$)	80,00	60,00	40,00	20,00
$\mu$ (% ao ano)	1,0	1,0	1,0	1,0
$\sigma$	0,15	0,11	0,07	0,03
$P_{Min}$ (R\$)	80,00	60,00	40,00	20,00
$\mu$ (% ao ano)	0,0	0,0	0,0	0,0
$u$	1,16	1,12	1,07	1,03
$d$	0,86	0,9	0,93	0,97
$p_i$	0,496	0,518	0,554	0,659

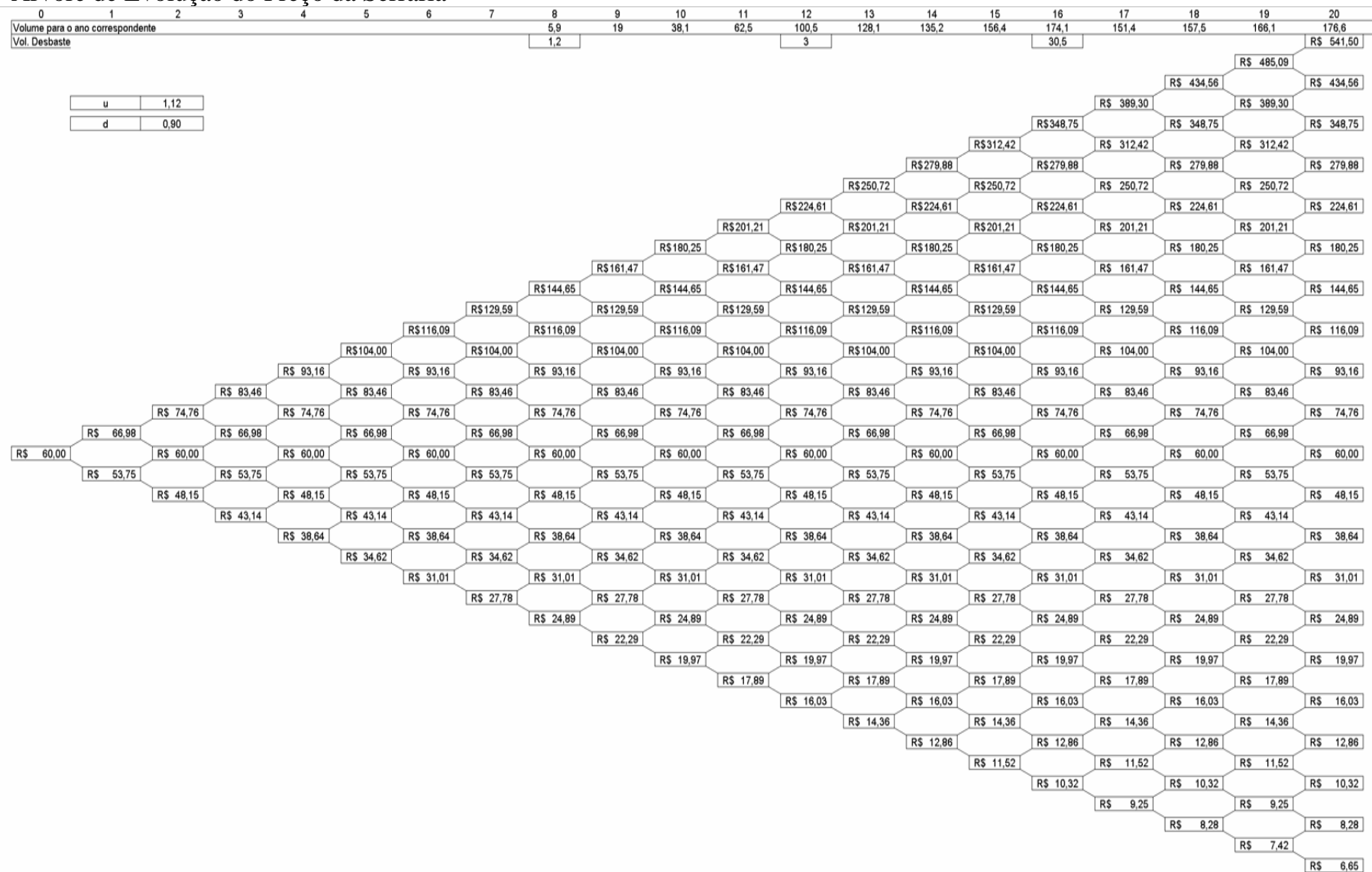
$alu$ (R\$ ao ano)	140,00
$\mu$ (% ao ano)	0,00
$r$ (% ao ano)	0,1
investimento (R\$)	935,06
manutenção (R\$)	674,63



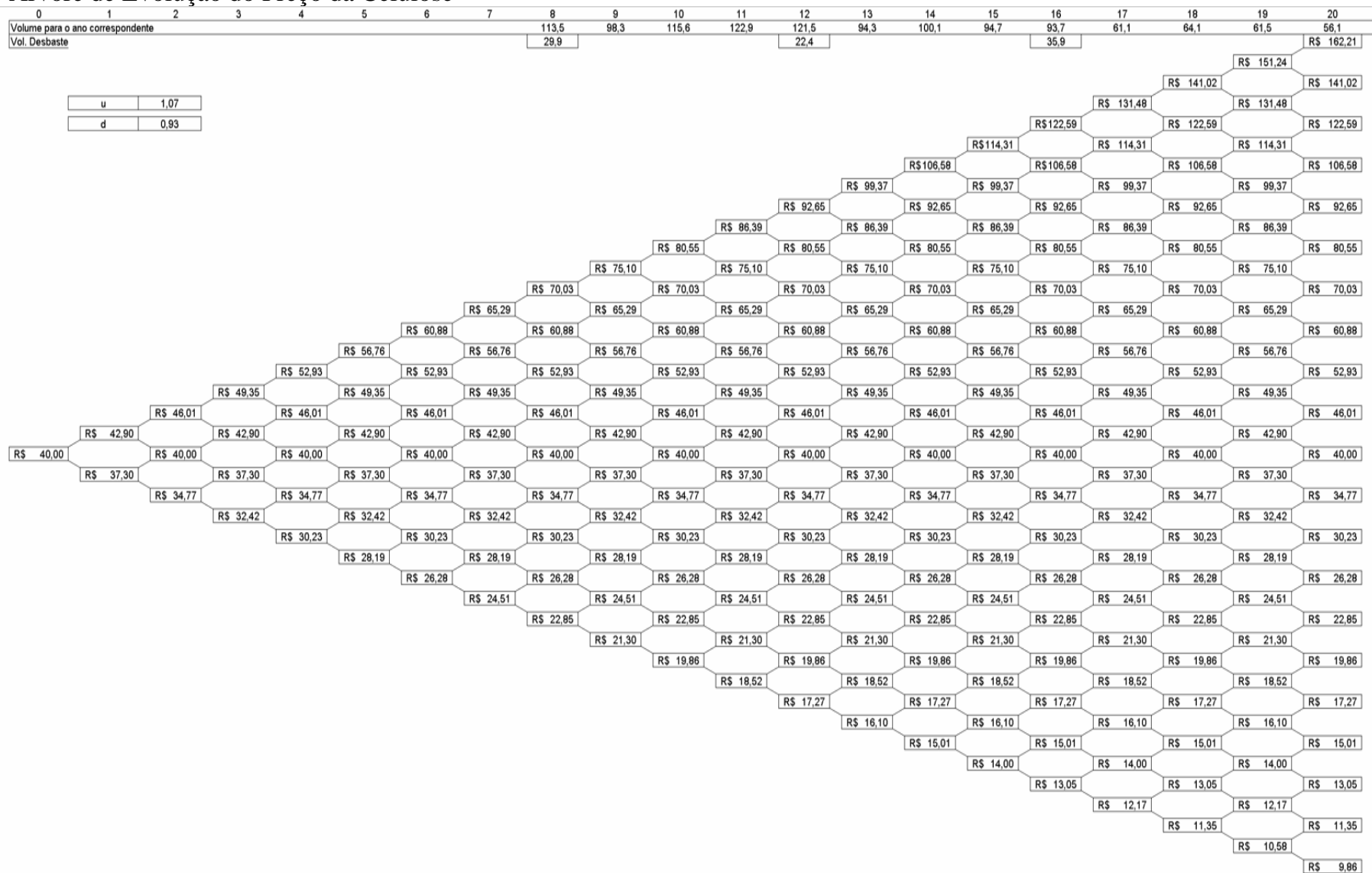
# Árvore de Evolução do Preço do Laminado



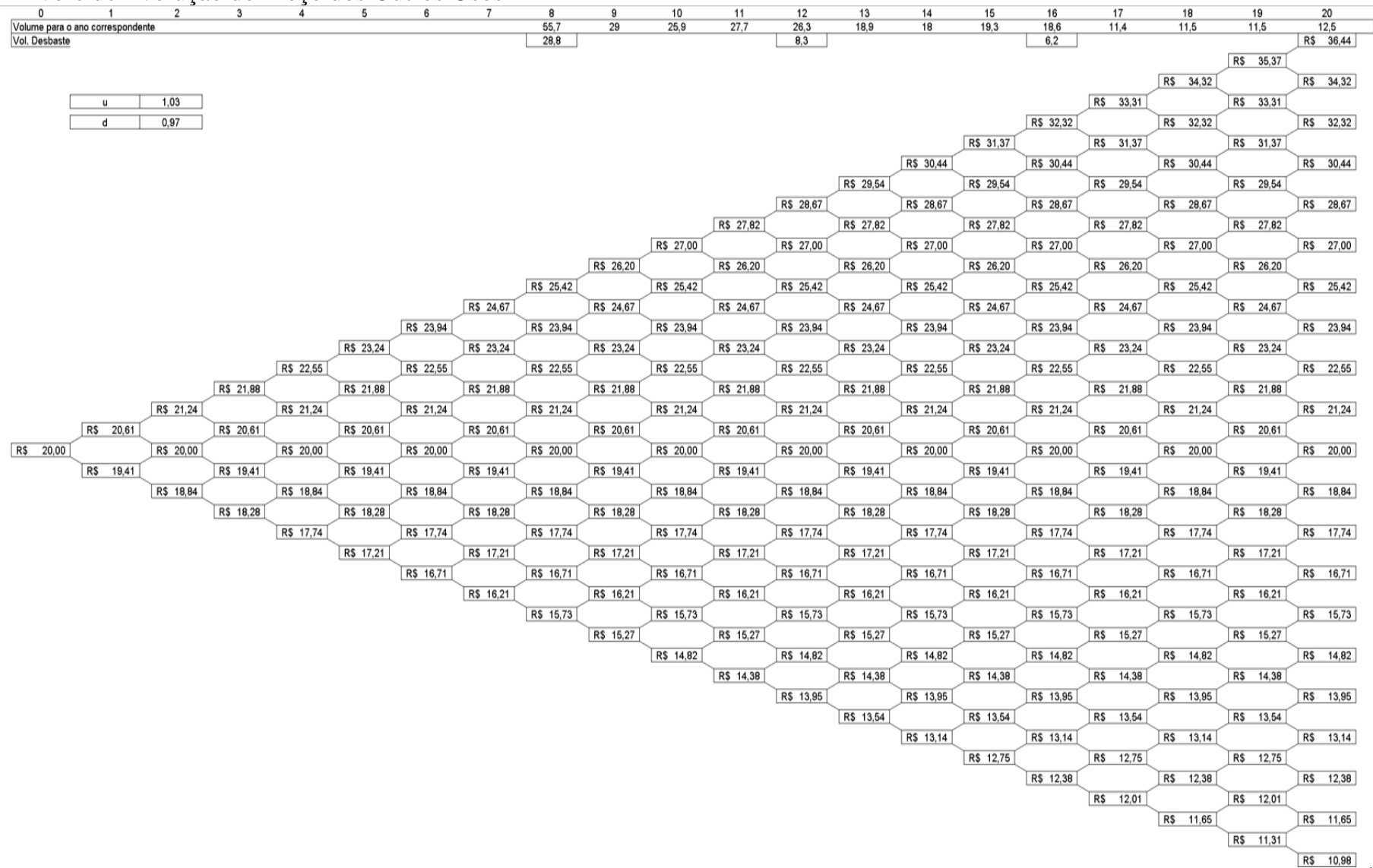
## Árvore de Evolução do Preço da Serraria



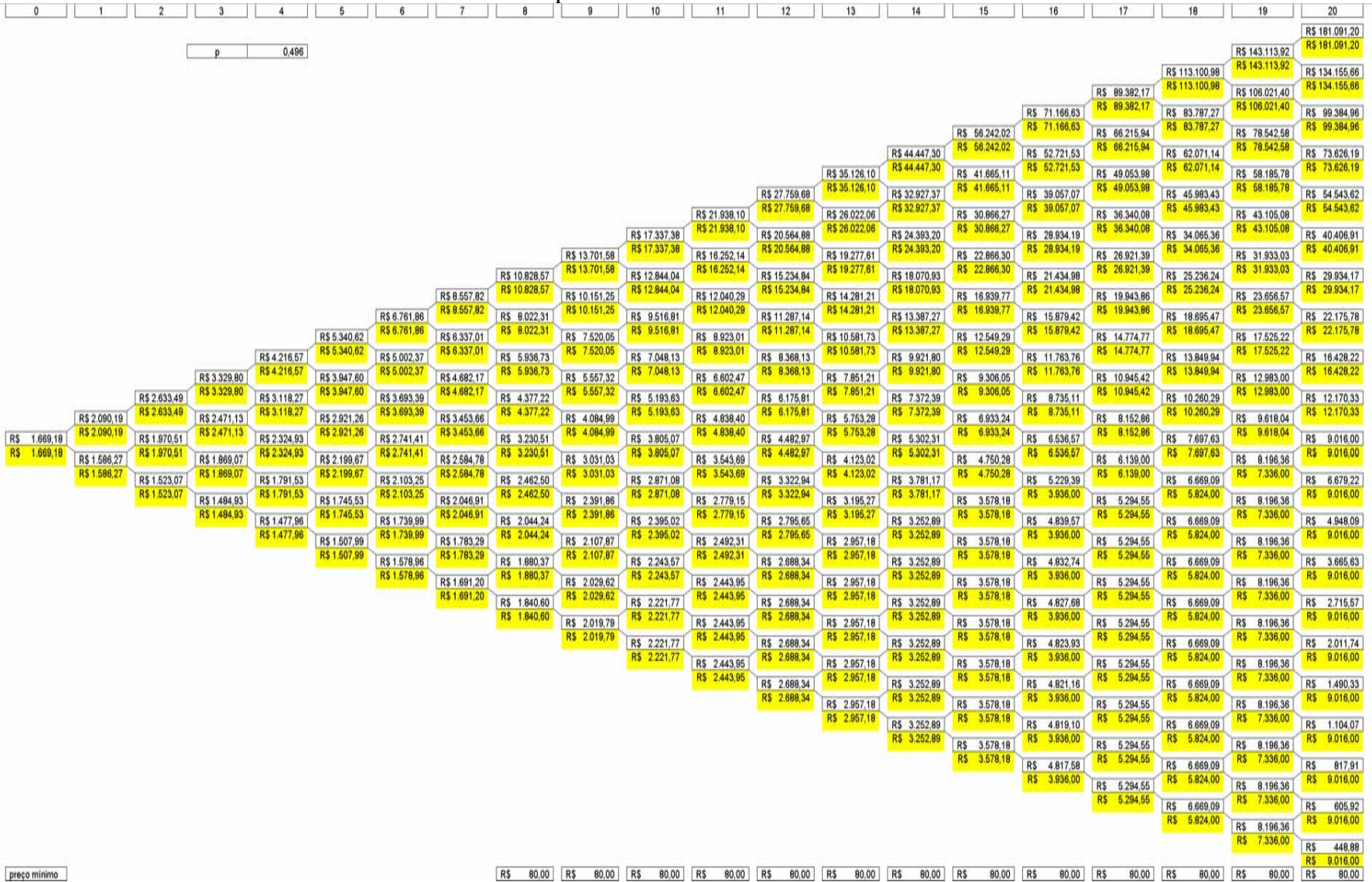
## Árvore de Evolução do Preço da Celulose



## Árvore de Evolução do Preço dos Outros Usos

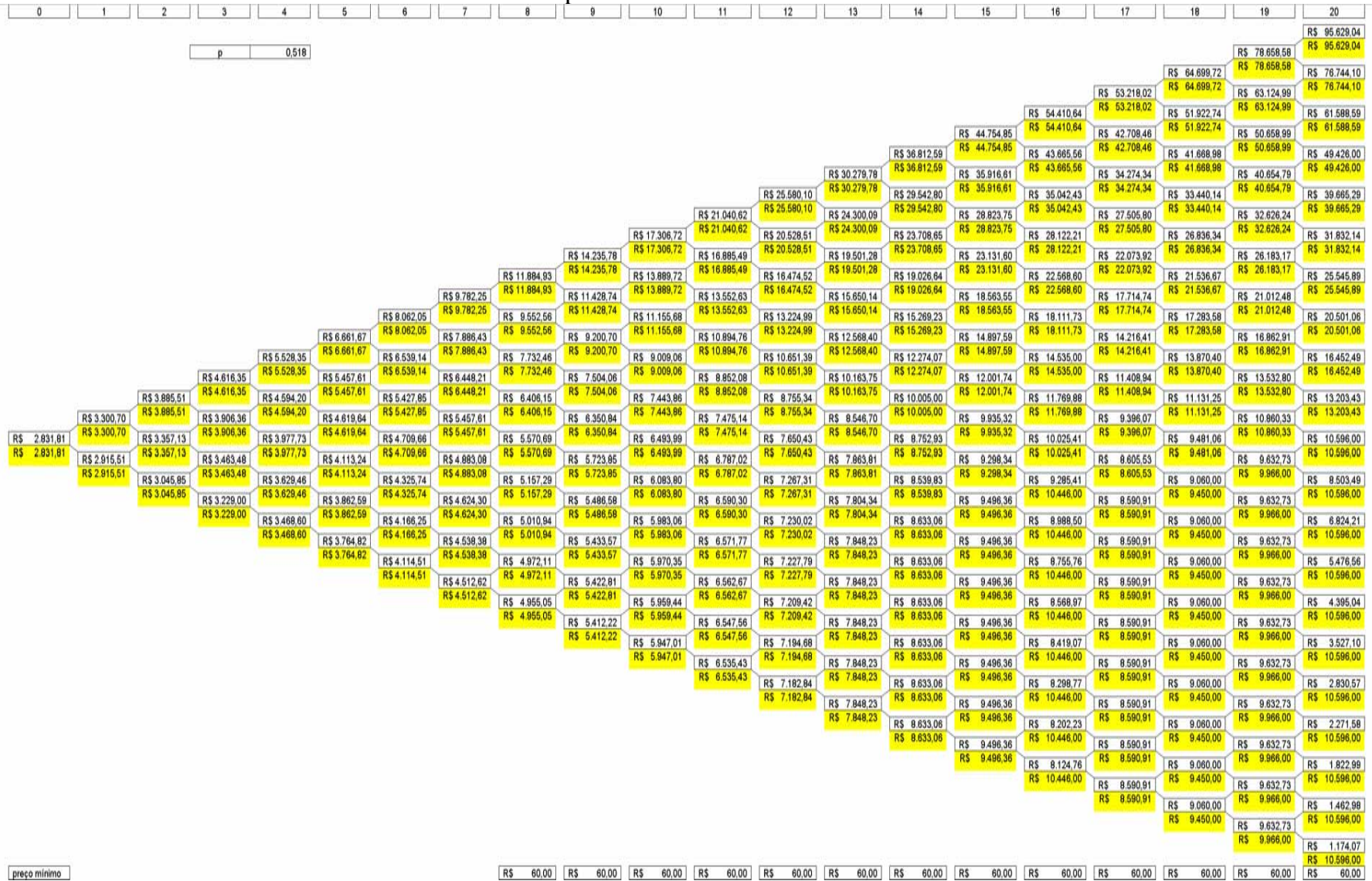


## Árvore do Valor da Floresta Destinando a Madeira para o Laminado





## Árvore do Valor da Floresta Destinando a Madeira para a Serraria

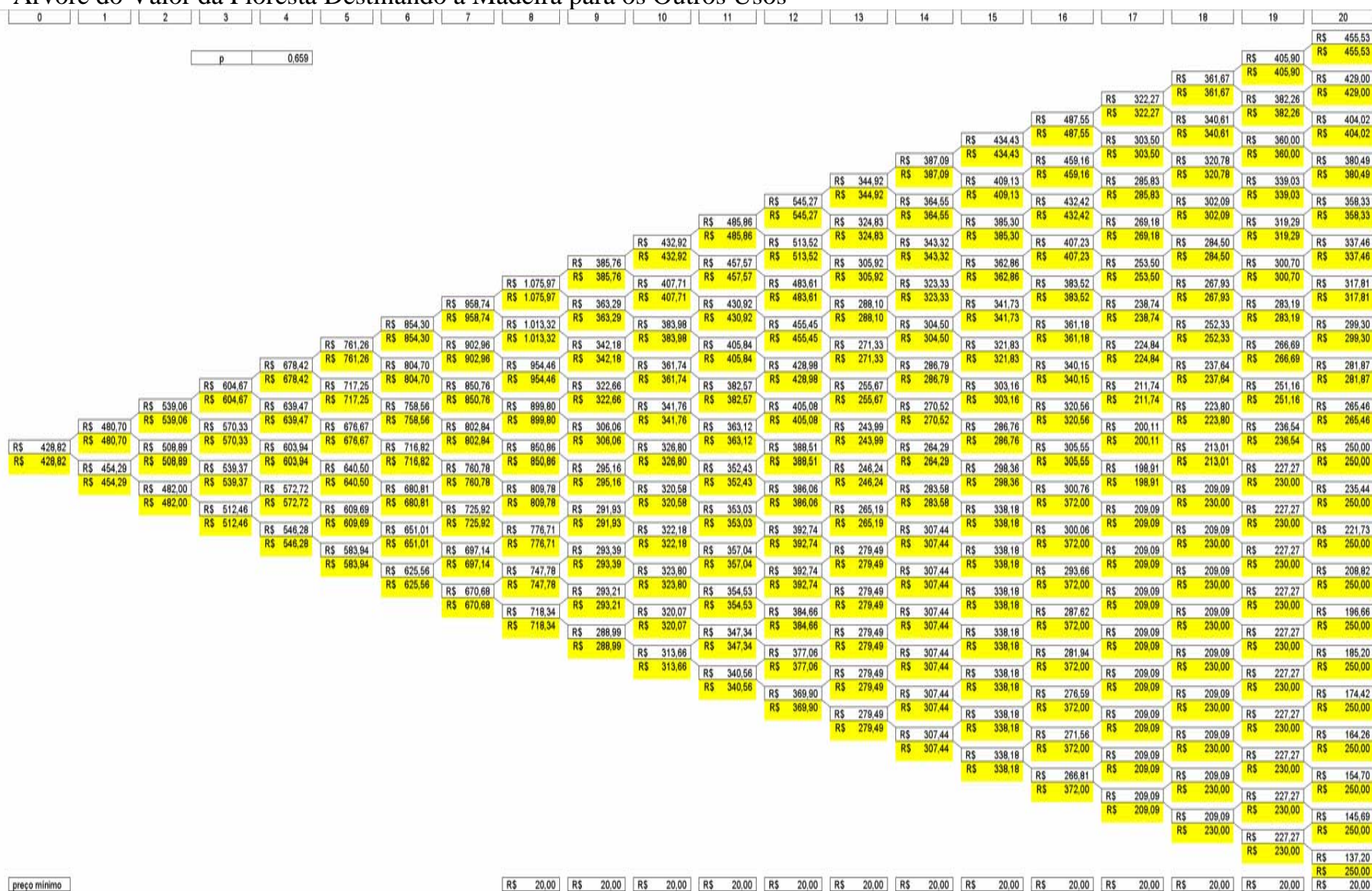




## Árvore do Valor da Floresta Destinando a Madeira para a Celulose

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
																				R\$ 9.099,87
																			R\$ 7.790,48	R\$ 9.099,87
																		R\$ 6.689,47	R\$ 7.790,48	R\$ 7.911,05
																	R\$ 5.709,78	R\$ 6.689,47	R\$ 6.772,70	R\$ 7.911,05
																	R\$ 4.963,84	R\$ 5.709,78	R\$ 5.798,16	R\$ 6.877,53
																	R\$ 4.315,36	R\$ 4.963,84	R\$ 5.040,89	R\$ 5.887,90
																	R\$ 3.751,59	R\$ 4.315,36	R\$ 4.449,98	R\$ 5.197,93
																	R\$ 3.261,48	R\$ 3.751,59	R\$ 3.809,66	R\$ 4.518,86
																	R\$ 2.835,39	R\$ 3.261,48	R\$ 3.363,22	R\$ 4.518,86
																	R\$ 2.484,97	R\$ 2.835,39	R\$ 2.923,85	R\$ 3.928,51
																	R\$ 2.142,94	R\$ 2.484,97	R\$ 2.541,87	R\$ 3.928,51
																	R\$ 1.951,63	R\$ 2.142,94	R\$ 2.209,80	R\$ 3.244,00
																	R\$ 1.761,11	R\$ 1.951,63	R\$ 2.040,00	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.610,38	R\$ 1.761,11	R\$ 1.850,84	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.510,38	R\$ 1.610,38	R\$ 1.695,98	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.410,38	R\$ 1.510,38	R\$ 1.474,41	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.310,38	R\$ 1.410,38	R\$ 1.281,79	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.210,38	R\$ 1.310,38	R\$ 1.114,34	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.110,38	R\$ 1.210,38	R\$ 968,76	R\$ 2.244,00
																	R\$ 1.010,38	R\$ 1.110,38	R\$ 842,20	R\$ 2.244,00
																	R\$ 910,38	R\$ 1.010,38	R\$ 732,17	R\$ 2.244,00
																	R\$ 810,38	R\$ 910,38	R\$ 636,52	R\$ 2.244,00
																	R\$ 710,38	R\$ 810,38	R\$ 553,36	R\$ 2.244,00
																	R\$ 610,38	R\$ 710,38	R\$ 479,93	R\$ 2.244,00
																	R\$ 510,38	R\$ 610,38	R\$ 406,50	R\$ 2.244,00
																	R\$ 410,38	R\$ 510,38	R\$ 333,07	R\$ 2.244,00
																	R\$ 310,38	R\$ 410,38	R\$ 259,64	R\$ 2.244,00
																	R\$ 210,38	R\$ 310,38	R\$ 186,21	R\$ 2.244,00
																	R\$ 110,38	R\$ 210,38	R\$ 112,78	R\$ 2.244,00
																	R\$ 10,38	R\$ 110,38	R\$ 37,93	R\$ 2.244,00
																				R\$ 40,00

## Árvore do Valor da Floresta Destinando a Madeira para os Outros Usos

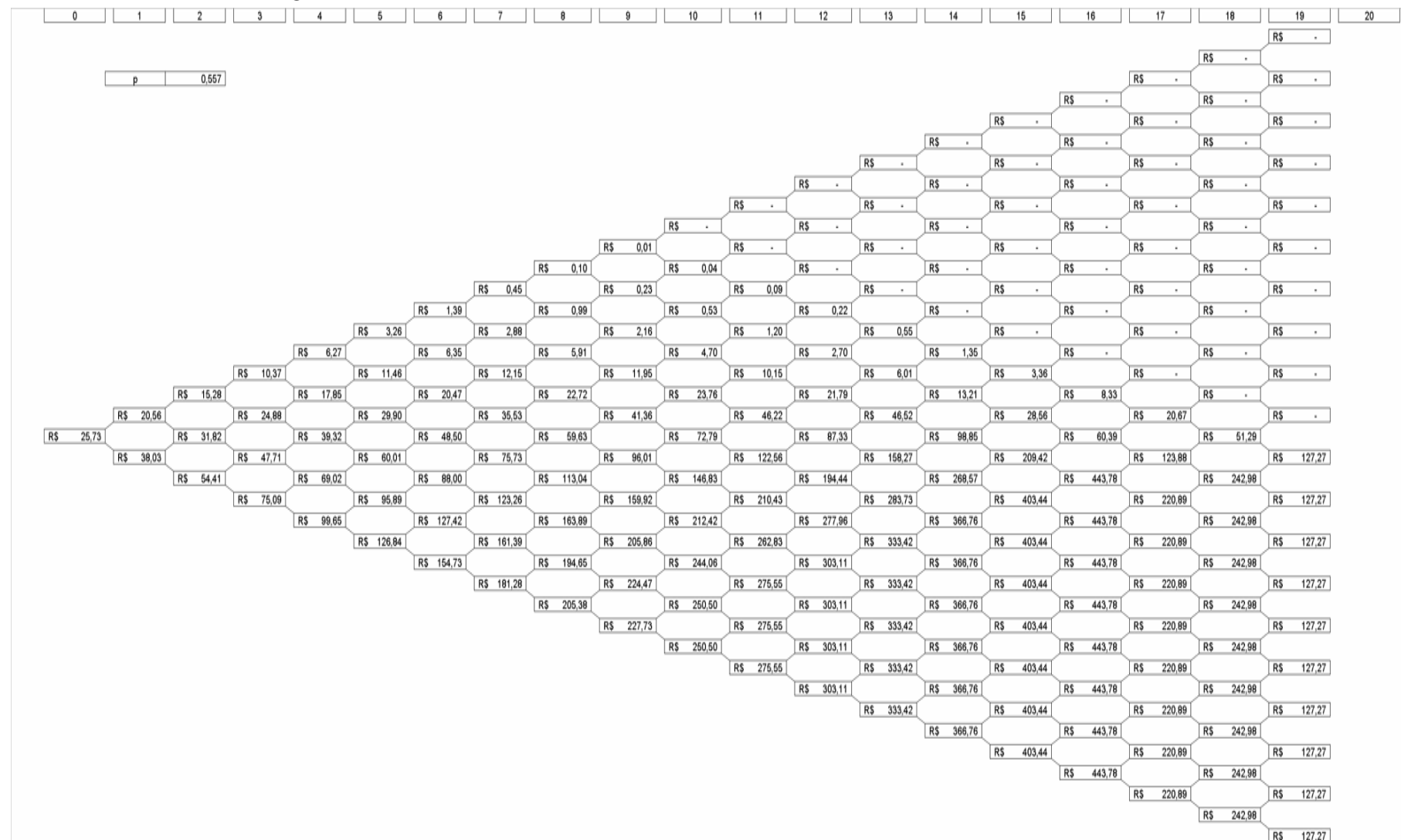




## Árvore de Decisão



### Árvore do Cálculo do Aluguel



## ANEXO

## FLUXO DE CAIXA DOS CONTRATOS (R\$)

ANO	Floresta Empresarial	Parceria		Arrendamento fixo		Arrendamento c/ %	
		Agricultor	Empresa	Agricultor	Empresa	Agricultor	Empresa
0	-935,06	0,00	-935,06	140,00	-1.075,06	69,60	-1.004,66
1	-150,00	0,00	-150,00	140,00	-290,00	69,60	-219,60
2	-100,00	0,00	-100,00	140,00	-240,00	69,60	-169,60
3	-245,00	0,00	-245,00	140,00	-385,00	69,60	-314,60
4	-145,00	-36,25	-108,75	140,00	-285,00	69,60	-214,60
5	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
6	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
7	-185,00	-46,25	-138,75	140,00	-325,00	69,60	-254,60
8 *	1.996,79	499,20	1.497,59	140,00	1.856,78	199,68	1.797,11
9	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
10	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
11	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
12 *	1.399,52	349,88	1.049,64	140,00	1.259,51	139,95	1.259,57
13	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
14	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
15	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
16 *	4.031,33	1.007,83	3.023,49	140,00	3.891,32	403,13	3.628,19
17	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
18	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
19	0,00	0,00	0,00	140,00	-140,00	69,60	-69,60
20 *	26.973,52	6.743,38	20.230,14	140,00	26.833,52	2.697,35	24.276,17

FONTE: SOUZA E KREUZ (2003)

NOTA: DADOS DA REGIÃO DOS CAMPOS DE PALMAS - 2003

\* Valores alterados pelo autor